

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
CURSO ACADÉMICO 2018/2019

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**DISEÑO DE UN ASISTENTE DE USO INDUSTRIAL
COMBINANDO LA REALIDAD AUMENTADA Y LA
PROGRAMACIÓN EN DISPOSITIVOS IOS**

SERGIO YAGÜE CARPIO

DR. DAVID GRIOL BARRES

LEGANÉS, JUNIO 2019

RESUMEN

Nos encontramos en una etapa de la sociedad en la que los teléfonos móviles se han convertido en una herramienta esencial para el día a día de todas las personas. Lo utilizamos para comunicarnos, para entretenernos, para organizarnos, para informarnos y como una herramienta de trabajo.

La manera en la que se realizan todas estas funciones es mediante las aplicaciones móviles. Las aplicaciones móviles son conjuntos de código y de interfaces que, unidas, son capaces de aportar un servicio al usuario. Además, estas aplicaciones se han convertido en una nueva fuente de economía que ha ayudado a las empresas a comunicarse con el usuario.

Uno de los sectores que todavía no se ha visto beneficiado por estas tecnologías es el del mundo industrial, en concreto el de la fabricación por mecanizado. Este modo de fabricación se realiza mediante el torneado, el fresado y el taladrado. En concreto, el torneado se realiza en la actualidad mediante herramientas de torno con plaquitas intercambiables.

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene la intencionalidad de combinar el desarrollo de aplicaciones y la fabricación por torneado. Para ello, se ha desarrollado una aplicación para dispositivos con sistema operativo iOS, que tiene el objetivo de facilitar el trabajo de los encargados de este tipo de fabricación en los talleres. Con el uso de Firebase para la creación de usuarios, el uso de una interfaz moderna y profesional para la organización de las herramientas de torno, y el uso de la realidad aumentada para asistir en la elección de una herramienta u otra, se ha conseguido un producto final con un gran potencial de futuro.

Palabras clave: mecanizado, herramientas de torno, desarrollo de aplicaciones, iOS, realidad aumentada.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo 1. Introducción.....	10
1.1. Objetivos	10
1.2. ¿Qué es Turning tools?	11
1.3. Fases del desarrollo	11
1.4. Planificación.....	12
1.5. Medios utilizados	14
1.6. Estructura de la memoria.....	15
Capítulo 2. Estado del arte	18
2.1. Estado del arte de la fabricación	18
2.1.1. Fabricación por fundición.....	18
2.1.2. Fabricación por mecanizado.....	20
2.1.3. Fabricación por deformación	20
2.2. Estado del arte de la Fabricación por mecanizado.....	22
2.2.1. Tipos de mecanizado.....	23
2.2.1.1. Torneado.....	23
2.2.1.2. Fresado.....	24
2.2.1.3. Taladrado	26
2.2.2. Parámetros del mecanizado	27
2.2.2.1. Parámetros de corte	27
2.2.2.2. Duración de las herramientas de corte	28
2.2.2.3. Economía del mecanizado.....	29
2.3. Herramientas de torneado	31
2.3.1. Tipos de herramientas de torneado	31
2.3.2. Geometría del filo.....	32
2.3.3. Normas ISO	33
2.4. Estado del arte de las aplicaciones móviles	35
2.4.1. Sistemas operativos.....	35

2.4.1.1.	Android	36
2.4.1.2.	iOS	38
2.4.1.3.	Comparativa entre Android e iOS	41
2.4.2.	Tipos de aplicaciones	42
2.4.2.1.	Aplicaciones nativas	42
2.4.2.2.	Aplicaciones híbridas	42
2.4.3.	Elección de sistema operativo y tipo de aplicación.....	43
2.5.	Desarrollo iOS	43
2.5.1.	Xcode	44
2.5.2.	Swift	45
2.5.3.	Programación por Storyboard, Xib y código	46
2.5.4.	Firebase	48
2.5.5.	Diseño de aplicaciones mediante Sketch	49
2.6.	Realidad aumentada.....	50
2.6.1.	Estado de la realidad aumentada	51
2.6.2.	Usos actuales de la realidad aumentada en aplicaciones móviles.....	51
2.6.3.	ARKit.....	54
Capítulo 3.	Descripción del sistema	57
3.1.	Motivación del sistema	57
3.2.	Funcionalidad de la aplicación.....	58
3.3.	Ciclo general de la aplicación	58
3.4.	Imágenes e iconos utilizados.....	59
3.5.	Tablas externas	62
Capítulo 4.	Descripción técnica de la aplicación	64
4.1.	Firebase.....	64
4.1.1.	Base de datos	64
4.1.2.	Autenticación.....	66
4.2.	Clases de registro y autenticación	67

4.3.	Clases del menú principal de herramientas.....	69
4.4.	Clases de agregación de herramientas	70
4.5.	Clase de realidad aumentada.....	72
Capítulo 5. Manual de usuario.....		73
5.1.	Autenticación y registro.....	73
5.2.	Menú de herramientas	76
5.3.	Agregación de herramientas.....	78
5.4.	Asistente con realidad aumentada	82
Capítulo 6. Evaluación de la aplicación.....		84
6.1.	Metodología de la evaluación	84
6.2.	Resultados de la evaluación.....	85
6.3.	Conclusión de la evaluación	91
Capítulo 7. Gestión del proyecto		93
7.1.	Presupuesto.....	93
7.2.	Impacto socioeconómico	95
7.3.	Marco regulador.....	96
Capítulo 8. Conclusiones y trabajo futuro.....		98
8.1.	Conclusiones	98
8.2.	Trabajo futuro	99
Glosario		101
Bibliografía.....		103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Icono de Turning tools	11
Figura 2: Diagrama de Gantt.....	13
Figura 3: Introducción del acero dentro del horno de fundición [5]	19
Figura 4: Ejemplo de forja por estampado [9]	21
Figura 5: Ilustración representativa del proceso de laminación [10]	21
Figura 6: Proceso de torneado [13].....	23
Figura 7: Proceso de fresado [16].....	25
Figura 8: Movimientos en el taladrado [17]	26
Figura 9: Ejemplo de herramienta con plaquita intercambiable [21]	31
Figura 10: Ángulos de una herramienta de torneado.....	32
Figura 11: Filos de una herramienta de torneado [24, p. 3]	33
Figura 12: Codificación de las plaquitas de torneado general [24, p. 16]	34
Figura 13: Cuota de mercado de los principales sistemas operativos [25]	36
Figura 14: Dispositivo con sistema operativo Android [28]	38
Figura 15: Pantalla principal de iOS 6 (izquierda) e iOS 7 (derecha) [29]	39
Figura 16: Orden de capas en la arquitectura iOS.....	39
Figura 17: Icono de Xcode	44
Figura 18: iPhone XR en el simulador de Xcode	45
Figura 19: Historia de actualizaciones de Swift	46
Figura 20: Diseño de interfaz por Storyboards [35]	46
Figura 21: Diseño de interfaz por XIBs [36]	47
Figura 22: Ejemplo de base de datos mediante el uso de Firebase	49
Figura 23: Icono de la herramienta Sketch	50
Figura 24: Ejemplo de uso de la aplicación IKEA Place [43]	52
Figura 25: Ejemplo de uso de la aplicación Wanna Kicks [45]	53
Figura 26: Ejemplo de uso de la aplicación Sephora Virtual Artist [47]	54
Figura 27: Ejemplo de características que ARKit reconoce en el entorno [49].....	55

Figura 28: Flujo general de la aplicación	59
Figura 29: Iconos que definen la forma de la plaquita y el ángulo E	60
Figura 30: Iconos que definen el ángulo de incidencia en filo de corte principal	60
Figura 31: Iconos que definen el tipo de plaquita	60
Figura 32: Iconos que definen como establecer el espesor de la plaquita	60
Figura 33: Icono que define como establecer el radio de punta	61
Figura 34: Iconos que definen el tipo de arista de corte	61
Figura 35: Iconos que definen la dirección del avance	61
Figura 36: Iconos reconocidos por la realidad aumentada	61
Figura 37: Iconos obtenidos y diseñados mediante Icons8 [53]	62
Figura 38: Logotipo de la Universidad Carlos III de Madrid [54]	62
Figura 39: Base de datos de Turning Tools	65
Figura 40: Conjunto de usuarios de la aplicación en la herramienta Firebase	67
Figura 41: Diagrama de flujo de las clases de registro y autenticación	68
Figura 42: Diagrama de flujo de las clases de herramientas	70
Figura 43: Diagrama de flujo de las clases de agregar herramientas.....	71
Figura 44: Diagrama de flujo de la clase de realidad aumentada.....	72
Figura 45: Aplicación Turning Tools en el menú principal de un iPhone	73
Figura 46: Pantalla de Splash	74
Figura 47: Pantalla de autenticación rellena y sin rellenar.....	74
Figura 48: Errores posibles en la pantalla de autenticación.....	75
Figura 49: Pantallas de autenticación mediante Firebase	75
Figura 50: Pantallas de registro rellenas y sin rellenar	76
Figura 51: Pantalla de menú de herramientas con sus posibles situaciones	77
Figura 52: Pantalla de detalles de la herramienta con la opción de eliminarla	77
Figura 53: Pantalla de documento de la herramienta con la opción de compartir	78
Figura 54: Pantalla de selección del método para agregar herramienta	78
Figura 55: Pantalla de agregación manual con sus posibles situaciones.....	79

Figura 56: Pantalla de agregación por pasos con sus posibles situaciones.....	80
Figura 57: Pantallas con los pasos para definir la herramienta y enlaces web necesarios	82
Figura 58: Pantalla de realidad aumentada solicitando permiso para usar la cámara	83
Figura 59: Pantalla de realidad aumentada con herramienta encontrada y sin encontrar	83
Figura 60: Resultado de la pregunta 1 de la evaluación de la aplicación	86
Figura 61: Resultado de la pregunta 2 de la evaluación de la aplicación	86
Figura 62: Resultado de la pregunta 3 de la evaluación de la aplicación	87
Figura 63: Resultado de la pregunta 4 de la evaluación de la aplicación	87
Figura 64: Resultado de la pregunta 5 de la evaluación de la aplicación	88
Figura 65: Resultado de la pregunta 6 de la evaluación de la aplicación	88
Figura 66: Resultado de la pregunta 7 de la evaluación de la aplicación	89
Figura 67: Resultado de la pregunta 8 de la evaluación de la aplicación	89
Figura 68: Resultado de la pregunta 9 de la evaluación de la aplicación	90
Figura 69: Resultado de la pregunta 10 de la evaluación de la aplicación	90
Figura 70: Resultado de la pregunta 11 de la evaluación de la aplicación	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Comparativa entre Android e iOS	41
Tabla 2:	Tabla de apoyo para la selección de la tolerancia.....	63
Tabla 3:	Tabla de apoyo para la selección del tamaño de plaquita.....	63
Tabla 4:	Cuestionario para la evaluación de la aplicación.....	85
Tabla 5:	Coste de todos los elementos de hardware empleados	93
Tabla 6:	Coste de todas las herramientas de software empleadas	94
Tabla 7:	Coste total del personal empleado	94
Tabla 8:	Coste total del proyecto	94

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo de la memoria se van a mostrar los objetivos en la realización de este Trabajo de Fin de Grado. De la misma manera, se va a introducir la aplicación que se va a desarrollar, el material y los recursos necesarios para ello, y la planificación que se va a seguir. Como último apartado, se va a detallar la estructura que tendrá la memoria con un pequeño preámbulo de cada uno de los capítulos.

1.1. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es la creación de una aplicación móvil que cubra las necesidades de los trabajadores del mundo industrial que se encargan de la fabricación de piezas por torneado.

Se ha visualizado una carencia de aplicaciones en el mercado de *iOS* relacionadas con este ámbito, por lo que se considera que es una excelente oportunidad para adentrarnos dentro del mercado. Además, se utilizará la realidad aumentada como tecnología puntera, lo que dará cierta distinción y ayudará al usuario en sus labores diarias.

Los objetivos principales de la aplicación son los siguientes:

- Ayudar a los trabajadores a tener una organización de las herramientas de torno, denominadas plaquitas, que usan día a día.
- Ayudar a seleccionar la herramienta que se va a usar para fabricar la pieza.
- En el caso de que se tengan las herramientas organizadas en cajas, ayudar a distinguir unas de otras mediante el uso de la realidad aumentada.

La principal motivación para la elección de este trabajo de fin de grado ha sido la posibilidad de mezclar el desarrollo *iOS* con el mundo industrial, más en concreto, el de la fabricación. El comienzo de unas prácticas universitarias en la empresa *Vector ITC Group* [1], en las que tenía la labor del desarrollo y mantenimiento de aplicaciones *iOS*, me ha posibilitado la oportunidad de conocer enormemente sobre este ámbito, de tal manera, que, a los seis meses del comienzo de las prácticas, he conseguido mi primer contrato laboral como desarrollador y he conseguido conocimiento suficiente como para desarrollar una aplicación *iOS* profesional.

El conocimiento adquirido en esta empresa, junto con todo lo aprendido durante el grado, y más en concreto, tras haber cursado la asignatura de Fabricación Asistida por Ordenador, impartida por Ana Muñoz Sánchez, Héctor López-Gálvez Muñoz y José Luis Cantero Guisández, y tras haber descubierto la gran herramienta *CoroPlus ToolGuide*

[2], creada por la empresa *Sandvik Coromant* [3], hicieron que se me ocurriera la idea de investigar sobre las aplicaciones que existían tanto en Android como en iOS sobre este ámbito. De esta manera, descubrí la carencia que había en el mercado de iOS, planteándose como una gran oportunidad.

Por otra parte, gracias a mi tutor de este trabajo de fin de grado, David Griol Barres, obtuve la idea de acompañar este asistente con el uso de la realidad aumentada.

Este proyecto tratará de abarcar el desarrollo completo de la aplicación, desde su parte teórica de la fabricación y del desarrollo móvil, como del propio desarrollo de la aplicación y su puesta en mercado.

1.2. ¿QUÉ ES TURNING TOOLS?

La palabra *Turning tools* (del inglés “herramientas de torneado”) es el nombre que ha recibido la aplicación en cuestión. Se trata de un nombre identificativo que ayudará al usuario a distinguirla de otras. La *Figura 1* muestra el logotipo diseñado para la aplicación. Es el icono que tendrá dentro del sistema operativo y en la *App Store* en caso de sacarlo al mercado.



Figura 1: Icono de Turning tools

1.3. FASES DEL DESARROLLO

La realización de este trabajo de fin de grado contiene partes muy extensas de aprendizaje, seguido por partes de desarrollo, y finalmente una parte que combina el desarrollo y la redacción de este documento. A continuación, se van a exponer cada una de las fases:

- **Primera fase:**

Se trata de una etapa muy extensa de aprendizaje mediante la realización de unas prácticas universitarias relacionadas con el desarrollo en iOS. A su vez, también cuenta con momentos de aprendizaje e investigación individual para

herramientas como Sketch o ARKit, las cuales serán explicadas durante esta memoria.

- **Segunda fase:**

La segunda comprende el desarrollo de la aplicación casi al completo. En ella se realizan las siguientes tareas:

- Diseño de la aplicación y de todas las imágenes incluidas en ella mediante *Sketch*.
- Creación de las vistas de autenticación e implementación de *Firebase*.
- Creación del resto de las vistas. Implementación de una base de datos por *Firebase* y navegación entre vistas.
- Análisis de posibilidades de la utilidad que se le podía dar a la realidad aumentada (*ARKit*) e implementación dentro de la aplicación.
- Pruebas unitarias de cada una de las vistas para su correcto funcionamiento y del sistema íntegro.

- **Tercera fase:**

Durante la tercera fase se realizan dos tareas de manera simultánea:

- Por una parte, se redacta la memoria del trabajo de fin de grado y se prepara la presentación, incluyendo la realización del vídeo que muestra el funcionamiento de la aplicación en cuestión. A su vez, se llevan a cabo encuestas a diferentes tipos de usuarios y se analizan los resultados.
- Por otra parte, se dan los últimos retoques a la aplicación. Gracias a que la aplicación estará desarrollada al completo, se podrá analizar y mejorar cada una de las vistas, de manera que se ajusten mejor a las necesidades del usuario, es decir, dando más información sobre cada herramienta y añadiendo alguna funcionalidad interesante. A su vez, se crean los documentos a los que hacen referencia los enlaces externos dentro de la aplicación y se agregan animaciones para hacer más ameno su uso.

1.4. PLANIFICACIÓN

Debido a la extensión del trabajo de final de grado, es necesario llevar a cabo una planificación de tal manera que no se nos pueda echar el tiempo encima. La *Figura 2* muestra el diagrama de Gantt de este proyecto, en el que se ven cada una de las fases con cada una de las tareas realizadas en ellas:

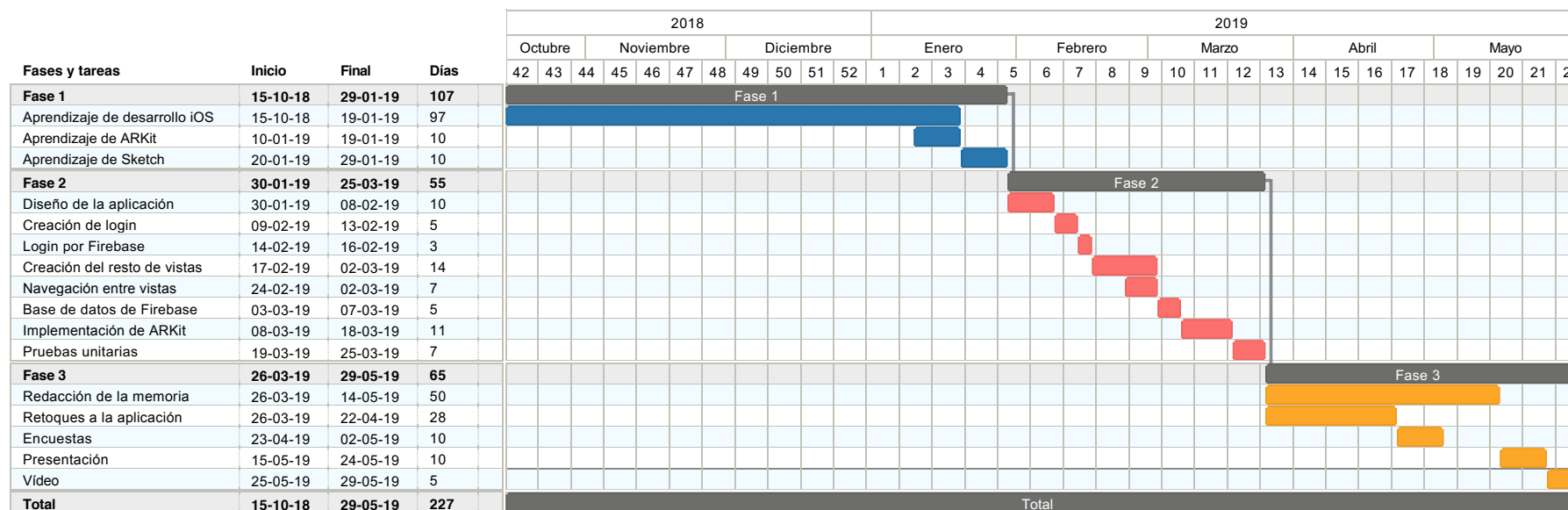


Figura 2: Diagrama de Gantt

Tal y como se puede ver en el diagrama, la fase 1 tiene una duración de casi cuatro meses, la fase 2 de casi dos meses y la fase 3 de poco más de dos meses, lo cual suma un total de 227 días, casi ocho meses.

La primera fase es la más larga ya que va desde el comienzo del aprendizaje del desarrollo iOS hasta el punto en el que obtengo unos conocimientos suficientemente sólidos como para crear una aplicación profesional.

Por otra parte, la fase del desarrollo de la aplicación es la menos duradera gracias a la solidez de mis conocimientos y a la gran dedicación, lo que me permitirá ir con fluidez.

Finalmente, la última fase es algo más extensa que la segunda al consistir en su totalidad en la redacción del TFG y la creación de la presentación y el vídeo principalmente.

1.5. MEDIOS UTILIZADOS

En este apartado de la memoria, se van a especificar todos los medios utilizados para la realización de este trabajo de fin de grado

- **Dispositivos hardware:**

Se han utilizado dos ordenadores diferentes:

- MacBook Pro (2018) de 256GB para el desarrollo de la aplicación gracias a su potencia.
- MacBook Air (2014) de 128GB para la redacción de la memoria.

Y tres dispositivos móviles diferentes, de manera que se pudiera probar la aplicación en terminales con diferentes tamaños de pantalla y con distintas versiones del sistema operativo, de manera que tuviese la posibilidad de poder comprobar la apariencia en todos ellos:

- iPhone XR.
- iPhone 7 plus.
- iPad (5ª generación).

Cabe mencionar que la posibilidad de hacer uso de tantos terminales ha sido gracias a la empresa donde estuve trabajando.

- **Herramientas de software:**

- *Xcode* para el desarrollo de la aplicación.

- *Sketch* para la creación del diseño de la aplicación y de todas las imágenes que se muestran en ella.
- Paquete de *Microsoft Office* para Mac, donde se ha redactado la memoria y se ha hecho la presentación.
- *DesignCamera*, el cual es un magnífico programa de Mac que te permite crear vídeos presentando una aplicación.
- **Librerías fundamentales utilizadas en el proyecto:**
 - *ARKit*, para la realidad aumentada.
 - *Firebase*, para la creación de un método de autenticación y de la base de datos.
 - *Lottie*, como librería fundamental para agregar animaciones.
- **Documentación:**
 - *DesignCode.io*, web con cursos de excelente calidad para el aprendizaje de herramientas como Sketch o ARKit.
 - *Stack overflow*, blog muy conocido entre desarrolladores para la resolución de dudas.
 - Documentación de *Firebase*, donde viene muy bien explicado todo lo relacionado con esta herramienta.
 - *Tom's Planner*, para la creación del diagrama de Gantt.

1.6. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

De manera que sea más fácil la lectura de esta memoria y con el objetivo de aclarar en que consiste cada una de las partes de ella, a continuación, se va a realizar un resumen de cada capítulo:

- **Capítulo 1: Introducción**

La introducción tratará de mostrar los objetivos y de explicar en qué va a consistir este proyecto. A su vez, también mostrará la planificación que se ha seguido junto con los medios utilizados.

- **Capítulo 2: Estado del arte**

En el estado del arte se hará un estudio sobre todo lo relacionado con el proyecto hasta el entendimiento de todos los conceptos teóricos. Empezará con el estado de la fabricación, continuando con el estado del mecanizado y finalmente con el de las herramientas de torneado. De esta manera, se empezará con la parte más general, y se avanzará hasta llegar al tema específico del proyecto, las

herramientas de torno. En cuanto a la parte de desarrollo, ocurrirá algo similar, comenzando con los sistemas operativos y el tipo de aplicaciones, y terminará en el desarrollo iOS y la realidad aumentada.

- **Capítulo 3: Descripción del sistema**

En la descripción del sistema se tratará de mostrar los motivos de la realización de este proyecto junto con la funcionalidad que se le quiere dar a la aplicación. A su vez, también se mostrará el flujo general del sistema y las imágenes usadas dentro de la aplicación.

- **Capítulo 4: Descripción técnica de la aplicación**

En este capítulo se tratará de mostrar el funcionamiento de la aplicación desde un punto de vista técnico. De esta manera, se describirá la base de datos y los métodos de autenticación usados, junto con el flujo detallado de cada una de las partes del sistema.

- **Capítulo 5: Manual del usuario**

Esta parte de la memoria tendrá la intención de mostrar el funcionamiento de la aplicación desde el punto de vista del usuario, mostrando cada una de las pantallas y explicando lo que se debe hacer en cada una de las vistas.

- **Capítulo 6: Evaluación de la aplicación**

Este capítulo mostrará la realización de una evaluación mediante una encuesta a un número considerable de participantes. Con los resultados de dicha evaluación, se tratará de sacar conclusiones y ver cuales son sus puntos fuertes y débiles.

- **Capítulo 7: Gestión del proyecto**

En esta parte se mostrará el presupuesto que conllevaría la realización de este proyecto, y se analizará el impacto que tendría sobre la sociedad junto con la legislatura que debe cumplir para ser sacada al mercado.

- **Capítulo 8: Conclusiones y trabajo futuro**

Esta parte de la memoria analizará el proyecto en su totalidad y obtendrá conclusiones. A su vez, se propondrán los posibles avances que se podrían hacer en este proyecto teniendo como objetivo la mejora de esta aplicación en el Trabajo de Fin de Máster.

- **Glosario**

Se proporcionará un listado de palabras ordenadas de manera alfabética en el que se incluirán aquellas palabras relacionadas con el tema del proyecto.

- **Bibliografía**

Se proporcionará un listado con el conjunto de recursos empleados para la realización de este proyecto.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

En este apartado de la memoria, se van a recopilar todos los conceptos y fundamentos teóricos necesarios para la realización de este trabajo, desde la parte relacionada con la mecánica, que incluirá los tipos de fabricación, la fabricación por mecanizado y las herramientas de torneado; hasta la parte de desarrollo móvil, que incluirá el estado actual de las aplicaciones móviles, el desarrollo en iOS y la realidad aumentada.

2.1. ESTADO DEL ARTE DE LA FABRICACIÓN

La fabricación tal y como se conoce hoy en día consiste en los procesos necesarios para la producción de un producto y sus componentes a partir de una materia prima. Antes de la Revolución Industrial, la fabricación simplemente consistía en la creación de productos a mano. Fue con la Revolución Industrial cuando se inventaron y se implementaron numerosos cambios en este ámbito que todavía se usan hoy en día. Estableció los cimientos y creó el camino para lograr la situación industrial en la que nos encontramos hoy en día.

En este apartado del estado del arte, se va a realizar un análisis de todo lo más importante relacionado con la fabricación industrial. A su vez, permitirá ir introduciendo las herramientas de torno, que es una de las partes principales de este Trabajo de Fin de Grado.

2.1.1. FABRICACIÓN POR FUNDICIÓN

La fundición es un proceso de fabricación ingenieril comúnmente utilizado para la producción en masa en la que materiales en estado fundido se vierten en un molde donde se solidifican. Mediante este proceso, se pueden fabricar piezas complejas rápidamente y de manera económica, mientras que, con otros procesos como el moldeado, llevaría mucho más tiempo. La fundición tiene una gran cantidad de usos, desde piezas pequeñas de plástico hasta largas aspas de turbinas.

El proceso de fundición está formado por varios pasos que van a ser detallados a continuación:

- 1) El primer paso consiste en la creación del modelo físico de la pieza que se va a fabricar. Es común el uso de programas de diseño por ordenador (CAD), mediante los cuales, el fabricante diseña las dimensiones y la geometría del molde y después añade un material a lo largo del exterior de este,

frecuentemente arena u hormigón. De esta manera, una vez se retira el interior del molde, se puede rellenar el exterior.

- 2) A continuación, la arena o el hormigón se vuelcan sobre los modelos de fundición para su compactación, creando el molde de la futura pieza. Una vez este molde se ha compactado, se separa el modelo de fundición que servirá para la fabricación de nuevos moldes de arena [4].
- 3) A continuación, tras haber diseñado y creado el molde, el horno de fundición se llena de acero y se calienta por encima de su punto de fusión, es decir, entre 1450°C y 1650°C. Una vez se tiene el material listo, se vierte dentro del molde donde se deja enfriar y endurecer. La *Figura 3* muestra el proceso en el que los moldes se llenan del material fundido para su posterior enfriamiento.



Figura 3: Introducción del acero dentro del horno de fundición [5]

- 4) El último paso consiste en retirar el molde para obtener la pieza final. Debido a que algunas veces los metales pueden introducirse en pequeñas grietas que tenga el molde, los fabricantes tienen que lijar y pulir el exterior hasta que la apariencia y la textura exterior son las adecuadas. En algunos casos, además de esto, también se tendrá que pintar y galvanizar la pieza.

Existen numerosos factores que se deben considerar para garantizar un tamaño y forma adecuados del producto final. Uno de los factores principales es el material que se utiliza, ya que cada metal tiene unas características diferentes que tendrán un efecto directo en la fundición. Por otra parte, también es importante la velocidad con la que se enfría el metal, ya que un enfriamiento rápido puede afectar enormemente a la porosidad. Por último, es fundamental considerar el encogimiento del metal una vez se está produciendo el enfriamiento. Para asegurar que se tenga el tamaño adecuado, se añade una pequeña cantidad de material fundido adicional dentro de la cavidad.

2.1.2. FABRICACIÓN POR MECANIZADO

“El mecanizado es el conjunto de procesos industriales (corte, marcado, prensado, agujereado, etcétera.) realizados en una pieza de materia prima (generalmente metálica, pero también puede ser de cerámica, madera o plástico, entre otros) para darle una forma y tamaño final deseados limando el material sobrante de forma controlada” [6].

Tal y como se puede ver en la definición superior, la fabricación por mecanizado es el proceso consistente en eliminar material de una pieza para darle la forma de un diseño específico.

Este apartado del Estado del arte de la fabricación será explicado y detallado en la siguiente sección, que consistirá en el análisis de todo lo relacionado con la fabricación por mecanizado. Esto es debido a que la aplicación a desarrollar tratará sobre herramientas de torno, las cuales son utilizadas en este tipo de fabricación, por lo que es importante profundizar en él.

2.1.3. FABRICACIÓN POR DEFORMACIÓN

La fabricación por deformación es el proceso mecánico usado en las fábricas industriales en la que los materiales, principalmente metales, sufren deformaciones plásticas y adquieren las formas y tamaños deseados mediante la aplicación de esfuerzos como la compresión, la tracción o la tensión. En este tipo de procesos no se elimina nada de material, simplemente se desplaza y se deforma hasta que adquiere la forma deseada.

Existen numerosos procesos para la fabricación por deformación. A continuación, se van a analizar los principales:

- **Forja**

Este proceso de fabricación consigue dar forma y las propiedades deseadas a los materiales aplicándole grandes fuerzas de compresión. Dicha compresión se aplica mediante prensas, o mediante martillos pilones [7, p. 1].

Dentro de este proceso, hay varios tipos dependiendo de la manera en la que el utillaje permite el movimiento de la pieza. Por una parte, está la forja libre, la cual deja que el material se comprima entre dos superficies planas permitiendo que se expanda libremente, y, por otra parte, está la forja por estampado, en la que el material está restringido por una cavidad a la que se adapta una vez sufre la compresión [8]. La *Figura 4* muestra el proceso de forja por estampado.

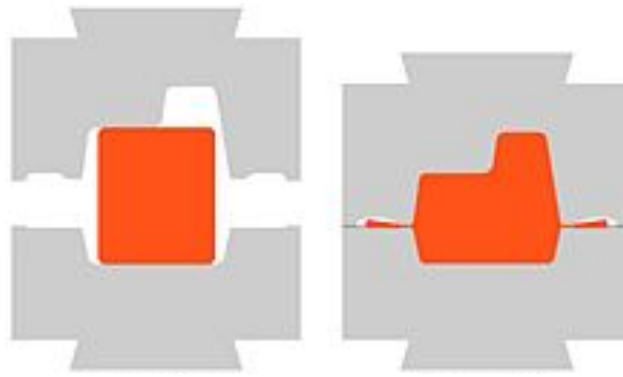


Figura 4: Ejemplo de forja por estampado [9]

Los principales usos que se le dan a las piezas fabricadas por forja son en las partes de automóviles, motocicletas y bicicletas, en motores de aviones, en maquinaria industrial y en turbinas de vapor entre otros.

- **Laminación**

La laminación consiste en dar forma a metales haciéndolos pasar por rodillos que giran en sentido contrario al movimiento del metal. Mediante este proceso, se obtiene una forma intermedia o final de la pieza que se quiere obtener.

El principal objetivo de la laminación es la de disminuir el espesor del material, provocando un aumento de la longitud de este. A su vez, el ancho de este sufre un aumento muy pequeño. En la *Figura 5*, se puede observar una representación del proceso.

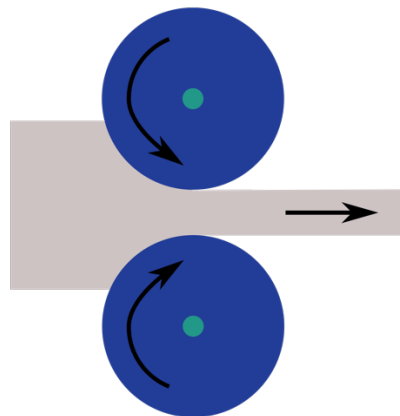


Figura 5: Ilustración representativa del proceso de laminación [10]

La mayor parte de los procesos de laminación se llevan a cabo en temperaturas calientes, y esto es debido a la gran cantidad de deformación que se necesita. La principal ventaja de realizarlo a esta temperatura es que, al tener una tolerancia mayor, permite una mayor moldeabilidad, mientras que, por otra parte,

el laminado en frío ofrece formas limitadas, como son las formas planas, cuadradas y redondas [11].

Esta forma de fabricación es principalmente usada para la construcción de láminas de acero, para la producción en masa de piezas roscadas, como por ejemplo los tornillos, o para crear material de construcción, como son los paneles de los tejados, las vigas divisorias o las vías férreas.

- **Extrusión**

La extrusión es el proceso de fabricación por el que se le da forma a un material, como por ejemplo el aluminio, forzándolo a pasar a lo largo de una matriz. Este material extruido sale con una forma alargada idéntica a la forma de la matriz por la que ha pasado. Gracias a este proceso, el producto resultante tendrá la sección transversal deseada.

De la misma manera que la laminación, la extrusión se puede hacer a temperaturas frías o calientes. Por una parte, la extrusión a temperatura fría se caracteriza por tener una elevada velocidad de producción, una gran precisión en las piezas construidas y un buen acabado superficial. A su vez, las piezas fabricadas de esta manera tienen buenas propiedades mecánicas siempre y cuando las temperaturas estén por debajo de las de recristalización. Ejemplos de piezas construidas con este sistema son los tubos plegables, las latas de aluminio o las piezas de engranajes.

Por otra parte, la extrusión a temperatura caliente se suele hacer a muy altas temperaturas, aproximadamente entre un 50 y un 75% de la temperatura de fusión. Debido a esto, se necesita una buena lubricación para el paso del material por la matriz. Ejemplos de piezas fabricadas con este proceso en caliente serían los marcos de las ventanas, las barandillas o las partes estructurales de los aviones [12].

2.2. ESTADO DEL ARTE DE LA FABRICACIÓN POR MECANIZADO

Tal y como se ha comentado en la sección anterior, este Trabajo de Fin de Grado tendrá un enfoque mayor en la fabricación por mecanizado. Debido a ello, se va a analizar de manera extensa todo lo relacionado con ella: los tipos de mecanizado y lo relacionado con el tiempo, los parámetros y la economía del corte.

2.2.1. TIPOS DE MECANIZADO

2.2.1.1. TORNEADO

El torneado es un proceso de mecanizado utilizado para crear piezas cilíndricas en las que la herramienta de corte se mueve en una dirección lineal mientras que la pieza de trabajo rota. Este proceso, comúnmente realizado con un torno, va reduciendo el diámetro de la pieza hasta la dimensión deseada y crea un acabado suave en ella. La *Figura 6* una pieza cilíndrica en la que se le está aplicando un proceso de torneado para su fabricación.



Figura 6: Proceso de torneado [13]

Se pueden encontrar varios tipos de tornos para el mecanizado, donde los más frecuentes son: el torno frontal, usado para la fabricación de piezas cortas y de gran diámetro; los tornos horizontales y verticales; y el torno multihusillos, los cuales pueden realizar la fabricación de varias piezas al mismo tiempo [14].

El proceso de torneado conlleva una serie de pasos a seguir, empezando por el momento de poner la herramienta de corte en el torno. A continuación, se realiza el corte a la pieza de trabajo, y finalmente, se retira la pieza de trabajo y la herramienta de corte del torno.

Como cualquier tipo de proceso, el torneado tiene unas ventajas y desventajas importantes de considerar. Las ventajas del torneado son las siguientes:

- Gran facilidad para realizar las operaciones
- La persona que realiza la operación no necesita unas grandes habilidades para realizarla, ya que es simplemente programar el corte y situar la pieza y la herramienta en el torno.
- La velocidad con la que se elimina el material cuenta con una gran flexibilidad, pudiendo llegar a altas velocidades con las que lograr una alta productividad.

- Se pueden realizar varias operaciones con una misma herramienta de corte.
- Se pueden obtener acabados en las piezas de gran exactitud.

Por otra parte, también cuenta con desventajas:

- Se trata de un tipo de operación limitado a realizar cortes en piezas radialmente simétricas.
- A su vez, también está limitado a piezas de un tamaño medio.
- La seguridad con la que cuenta el trabajador a la hora de realizar la operación no es muy amplia.
- Una sujeción floja de la pieza de trabajo puede causar accidentes al trabajador y a las personas cercanas.
- El coste del equipamiento es muy alto.
- La cantidad de material eliminado llega a ser muy grande.

En este tipo de procesos, existe la posibilidad de tener defectos en las piezas fabricadas. Estos defectos suelen estar originados por un mal agarre de la pieza dentro del torno. Otras causas son el uso de piezas cuyas partes de corte están gastadas, o el hecho de haber introducido incorrectamente los parámetros de corte, causando que el acabado de la pieza sea algo más rugoso que el deseado o que contenga arañazos o incluso quemaduras.

2.2.1.2. FRESADO

El fresado es otro proceso de mecanizado muy común. Se trata de un proceso mediante el cual una herramienta provista de múltiples aristas cortantes dispuestas simétricamente alrededor de un eje de giro con movimiento uniforme arranca el material a la pieza que es empujada contra ella. La máquina que se usa para llevar a cabo este proceso se denomina fresadora, cortador o fresa [15]. La *Figura 7* muestra una pieza que está siendo sometida al proceso de fresado para adquirir la forma deseada.

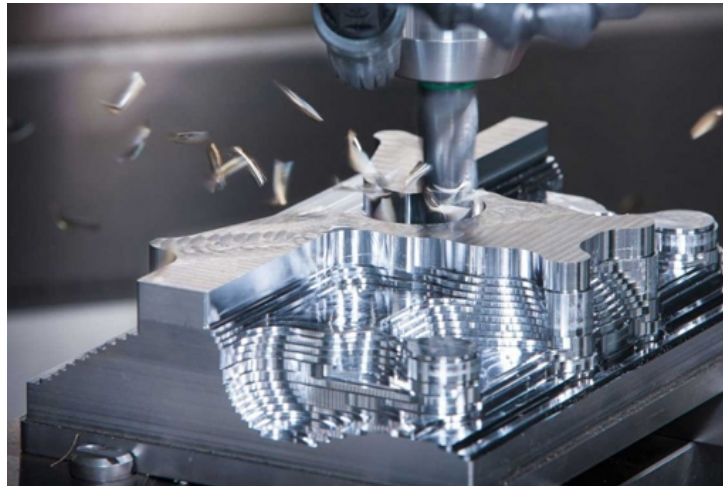


Figura 7: Proceso de fresado [16]

Existen numerosos tipos de máquinas de fresado, sin embargo, las más comunes son las verticales, las horizontales y las universales. La principal diferencia entre cada una de ellas es la orientación, estando orientadas verticalmente, horizontalmente y a 45° en cualquiera de los sentidos respectivamente.

De la misma manera que en el torneado, el fresado cuenta con ventajas y desventajas que van a ser analizadas a continuación. Las ventajas son las siguientes:

- La parte que se elimina de la pieza a trabajar se realiza a una velocidad mucho mayor gracias a que la herramienta de corte tiene múltiples filos y a que rota a una velocidad muy alta.
- Se tiene la posibilidad de usar varias herramientas de corte a la vez para la fabricación de una sola pieza.
- No hay limitaciones en cuanto a la geometría de la pieza sobre la que se va a realizar el corte.

Por otra parte, también cuenta con desventajas:

- El coste del equipo y de las herramientas de corte es muy elevado, y, además, ocupa un gran espacio.
- Se alcanzan temperaturas muy altas por lo que se debe tener mucha precaución. Debido a esto, los trabajadores deben leerse de manera obligatoria el manual de instrucciones de cada máquina.
- Puede trabajar en la mayor parte de los materiales, sin embargo, en materiales duros está muy limitado.

De la misma manera que en el torneado, introducir mal los parámetros de corte, el uso de herramientas gastadas o un mal agarre de la herramienta de corte son las causas principales de defectos en la pieza de trabajo.

2.2.1.3. TALADRADO

El taladrado es el tercer proceso de mecanizado más común. Consiste en crear agujeros en la pieza de trabajo mediante herramientas de taladrado. Dicha pieza se sujeta en una mesa de trabajo manteniéndola fija, y, una vez instalada la herramienta, la máquina realiza movimientos de rotación y avance hasta lograr los agujeros deseados en la pieza.

En todas las operaciones de taladrado, el movimiento principal es el de rotación de la herramienta o de la propia pieza de trabajo, o de los dos elementos a la vez, seguido por el de avance, que también puede ser realizado por uno de los dos o los dos a la vez. En la *Figura 8*, se pueden observar los dos tipos de movimientos principales en las operaciones de taladrado.

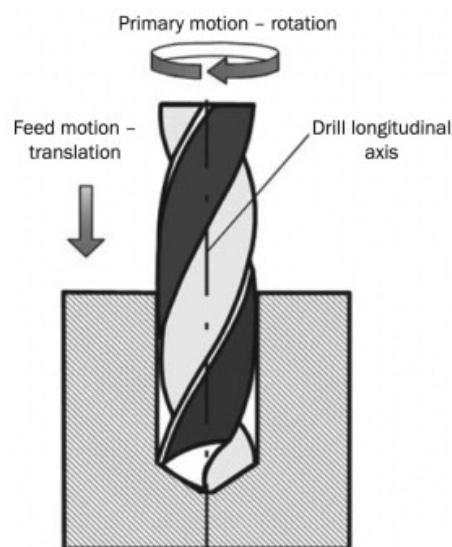


Figura 8: Movimientos en el taladrado [17]

A continuación, se van a analizar las ventajas y desventajas de este tipo de proceso. Las ventajas son:

- En muchos casos, las herramientas son portables, por lo que se pueden hacer en cualquier lugar.
- Se trata de un proceso rápido y barato.
- Se tiene la posibilidad de hacer agujeros de diferentes diámetros y en numerosos tipos de materiales, excepto en los más duros.

Por otra parte, también cuenta con desventajas o limitaciones:

- Se encuentra limitado a realizar el agujero en una sola dirección.
- El acabado del agujero realizado en la pieza de trabajo no es suficiente en muchas ocasiones [18, p. 3].

2.2.2. PARÁMETROS DEL MECANIZADO

2.2.2.1. PARÁMETROS DE CORTE

Para entender correctamente el mecanizado, es fundamental definir una serie de parámetros usados en todas las operaciones.

- **Velocidad de corte**

La velocidad de corte (V_C) es la velocidad lineal de la periférica de la pieza que está en contacto con la herramienta. Esta velocidad, que se expresa en metros por minuto (m/min), tiene que ser elegida antes de realizar el corte y su valor depende de muchos factores, principalmente de la calidad y del tipo de herramienta que se utilice [19], siendo de gran ayuda el catálogo de herramientas de los fabricantes donde quedan indicadas las velocidades de corte óptimas para la herramienta. La fórmula para el cálculo de la velocidad de corte es la siguiente:

$$V_C = \frac{\pi \times D_{medio} \times n_{medio}}{1000} \quad (1)$$

donde V_C es la velocidad de corte expresado en m/min, D_{medio} es el diámetro medio de las pasadas expresado en mm, y n_{medio} es la velocidad de rotación expresado en min^{-1} .

- **Avance**

El avance es la distancia que recorre la herramienta durante el tiempo equivalente a una revolución. Esta velocidad se expresa en milímetros por revolución (mm/rev) o en milímetros por filo de herramienta (mm/filo). Se trata de un parámetro fundamental para los procesos de mecanizado. De la misma manera que la velocidad de corte, los avances recomendados para cada herramienta también vienen en los catálogos de herramientas de los fabricantes. La fórmula para el cálculo del avance es el siguiente:

$$V_a = a \times n_{med} \quad (2)$$

donde V_a es la velocidad de avance expresada en mm/rev, a es el avance expresado en mm/rev y n_{med} es la velocidad de rotación expresada en rpm (revoluciones por minuto).

- **Profundidad de pasada**

Se trata de la distancia que recorre la herramienta por cada pasada que da en el corte. Se mide en milímetros (mm) e influye en el número de pasadas a realizar. En función de la calidad de corte que se desea, y de las limitaciones de la máquina, se elige un valor u otro dentro de los disponibles [20, p. 6].

2.2.2.2. DURACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE

Todas las herramientas de corte acaban desgastándose y perdiendo sus propiedades y calidad. Los principales motivos de desgaste de las herramientas son la pérdida del material en el punto de corte y la rotura de la herramienta.

Cuando una de estas dos cosas ocurre, la vida de la herramienta se da por terminada y necesita ser sustituida para continuar con la fabricación. Sin embargo, la vida de la herramienta se puede mejorar controlando las causas que provocan este desgaste, es decir, reduciendo la velocidad de corte y avance hasta los valores óptimos que aseguren una mayor vida de la herramienta.

Otro valor fundamental que tiene que ver con la duración de la herramienta es la vida del filo, que consiste en el tiempo de corte durante el cual el filo mecaniza piezas aceptables con un riesgo pequeño de rotura de la herramienta [20, p. 8].

Para la determinación analítica de la vida de una herramienta de corte se usa la fórmula de Taylor:

$$T = \frac{k}{V^{\frac{1}{n_1}} \times a^{\frac{1}{n_2}} \times p^{\frac{1}{n_3}}} \quad (3)$$

donde T es la vida de la herramienta expresada en minutos, k es una constante de cada herramienta, V es la velocidad de corte expresada en m/min, a es el avance expresado en mm/rev, p es la profundidad expresada en mm, y n_1 , n_2 y n_3 son exponentes que dependen del material y de la herramienta.

De forma simplificada, también se utiliza la siguiente fórmula:

$$T = \frac{k}{V^{\frac{1}{n}}} \quad (4)$$

donde todas las variables son las mismas que en la ecuación anterior, excepto n , que es otro exponente simplificado que depende del material y de la propia herramienta.

2.2.2.3. ECONOMÍA DEL MECANIZADO

Una parte fundamental del mecanizado es lo referente a la economía que lo rodea. Las fábricas se suelen centrar en la economía de manera que obtengan el mayor beneficio posible. Para ello, prestan una gran atención a los siguientes detalles:

- Intentan reducir el tiempo total de producción al máximo.
- Aspiran a lograr la mayor productividad.
- Reducen los costes de equipamiento sin sacrificar la calidad del producto.
- Tratan de aumentar los beneficios.

Todos estos objetivos se rigen frecuentemente por el tiempo total de fabricación de un producto. Este tiempo se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$t_f = t_{prep} + t_m + t_c \quad (5)$$

donde t_f es el tiempo de fabricación, t_{prep} es el tiempo de preparación previo a la fabricación, t_m es el tiempo de maniobra y t_c es el tiempo de corte.

A su vez, el tiempo de preparación depende del tiempo de cambio de filo y el número de filos a cambiar de la herramienta. De esta manera:

$$t_{prep} = t_{cf} + n_f \quad (6)$$

donde t_{cf} es el tiempo de cambio de filo y n_f es el número de filos a cambiar. De la misma manera n_f :

$$n_f = \frac{t_c}{T} \quad (7)$$

donde T es la vida de la herramienta. Finalmente, el tiempo de corte depende de la longitud y de la velocidad de avance. La longitud de corte depende a su vez del número de pasadas a llevar a cabo:

$$t_c = \frac{L}{V_a} = \frac{l \times n_{pasadas}}{V_a} \quad (8)$$

donde l hace referencia a la longitud de cada pasada y $n_{pasadas}$ al número de pasadas a realizar.

Desarrollando brevemente la fórmula principal, se obtiene que el tiempo de fabricación es el siguiente:

$$t_f = t_{cf} \times \frac{t_c}{T} + t_m + t_c \quad (9)$$

Como es lógico, a mayor avance, se obtiene una mayor velocidad de corte, y como consecuencia, un menor tiempo de corte y una notable reducción en la vida de la herramienta.

En las últimas décadas, el tiempo de maniobra y el tiempo de cambio de filo se han visto reducidos enormemente gracias a los avances en la automatización. Por su parte, el tiempo de vida de la herramienta también se ha visto mejorado con el desarrollo de los materiales usados en las herramientas de corte.

En cuanto a la economía, el tiempo de fabricación y el tiempo de corte son fundamentales para calcular el coste total destinado a la fabricación de cada pieza. La siguiente fórmula se utiliza para su cálculo:

$$C_t = C_f + C_g \quad (10)$$

donde C_t es el coste total de cada pieza, C_f es el coste de fabricación y C_g son los costes generales aplicados por igual a todos los productos. El coste de fabricación se puede dividir de la siguiente manera:

$$C_f = C_{mp} + C_{mo} + C_a + C_h + C_{ue} \quad (11)$$

donde C_{mp} es el coste de la materia prima empleada, C_{mo} es el coste de la mano de obra, C_a es el coste de amortización, C_h es el coste de las herramientas y C_{ue} es el coste de los útiles especiales.

Por su parte, el coste de la mano de obra y el de amortización pueden desarrollarse en lo siguiente:

$$C_{mo} = S \times t_f \quad (12)$$

$$C_a = A \times t_f \quad (13)$$

donde S y A es el precio a la hora de la mano de obra y de la amortización del equipo utilizado respectivamente.

Desarrollando brevemente la fórmula principal, se obtiene que el coste de fabricación de cada pieza es el siguiente:

$$C_f = C_{mp} + t_f \times (S + A) + C_h + C_{ue} \quad (14)$$

2.3. HERRAMIENTAS DE TORNEADO

2.3.1. TIPOS DE HERRAMIENTAS DE TORNEADO

El torneado se puede hacer mediante tres tipos de herramientas diferentes. Lo que las distingue unas de otras es principalmente la forma en la que tienen fija la parte de corte de la herramienta:

- **Herramientas enterizas**

Se trata de herramientas en las que la parte que realiza el corte y el mango de la herramienta forman una sola parte. Este tipo de herramientas prácticamente no se usan actualmente tras haber aparecido los siguientes tipos que dotan de una mayor funcionalidad.

- **Herramientas con plaquita soldada**

Se trata de herramientas en las que la parte que realiza el corte y el resto de la herramienta son dos partes diferentes. La zona de corte se denomina plaquita y está soldada en el final del mango, de forma que no puede desplazarse.

- **Herramientas con plaquita intercambiable**

Se trata de herramientas que siguen el mismo esquema que las que tienen la plaquita soldada, con la única diferencia de que en este caso la plaquita no está soldada, sino que está fijada al mango mediante el uso de tornillos y bridas. El punto fuerte de ellas es el hecho de que la plaquita puede ser intercambiada fácilmente. Esto permite que la herramienta pueda ser reutilizada numerosas veces cambiando simplemente la plaquita en uso. La *Figura 9* muestra una herramienta de torno con plaquita intercambiable.



Figura 9: Ejemplo de herramienta con plaquita intercambiable [21]

2.3.2. GEOMETRÍA DEL FILO

La geometría de una herramienta adopta un papel muy importante a la hora de lograr efectividad y eficiencia, así como una optimización de la economía.

La geometría del filo se define principalmente por sus ángulos: ángulo de incidencia (α), ángulo de filo (β) y el ángulo de desprendimiento (γ), y las superficies y aristas que la componen. En la *Figura 10* están representados cada uno de los ángulos mencionados.

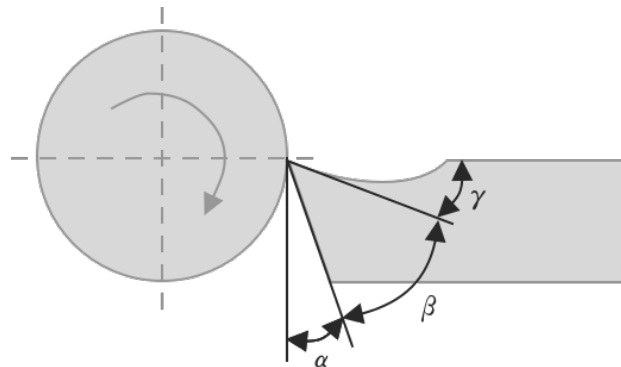


Figura 10: Ángulos de una herramienta de torneado

El ángulo de incidencia es el ángulo entre la arista de corte y una línea perpendicular a la superficie de la herramienta. Por otra parte, el ángulo del filo es el formado por la superficie de incidencia y la arista de corte de la herramienta. Finalmente, el ángulo de desprendimiento es el formado por un eje paralelo al avance de la herramienta colocado en la punta de la plaquita con la superficie superior de ella [22].

Otro ángulo de gran importancia es el ángulo de punta, que es aquel formado por el filo principal y el secundario que se verá a continuación.

En cuanto a las superficies y aristas contenidas en una herramienta de torneado, las principales son las siguientes:

- Superficie de incidencia principal: es la superficie en la que se encuentra el filo principal.
- Superficie de desprendimiento: se trata de la superficie por la que se desprende la viruta una vez se va realizando el corte.
- Filo principal: es aquel que arranca la viruta. Se encarga del corte directo en la pieza.
- Filo secundario: junto con el filo principal, forman una arista que determina la punta de la herramienta. De esta manera, los filos principal y secundario delimitan la cara de ataque [23, p. 2].

La *Figura 11* muestra cada uno de los filos y superficies mencionadas.

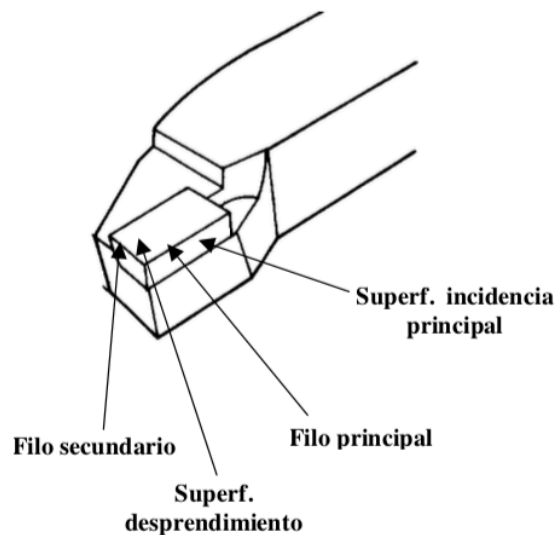


Figura 11: Filos de una herramienta de torneado [24, p. 3]

2.3.3. NORMAS ISO

Existen infinidad de plaquitas para las herramientas de torneado debido a la gran variedad elementos que las componen. Para distinguir unas de otras, se utiliza un tipo de nomenclatura llamado ISO, del inglés *International Organization for Standardization*.

Un ejemplo de herramienta definida por su código ISO sería el siguiente:

RCGA 05 T1 04 FR – QM

Cada una de las letras del código indica una característica de la herramienta. De esta forma, se puede definir en orden: la forma, el ángulo de incidencia, la tolerancia, el tipo de plaquita, el tamaño de la plaquita, el espesor de la plaquita, el radio de punta, el tipo de arista de corte, la dirección del avance y la funcionalidad de la herramienta.

En la *Figura 11* se puede observar la tabla que se ha utilizado en este Trabajo de Fin de Grado para la definición de todas las herramientas dentro de la aplicación móvil. Dicha tabla se ha obtenido de los apuntes de la asignatura de Fabricación Asistida por Ordenador impartida en la UC3M.

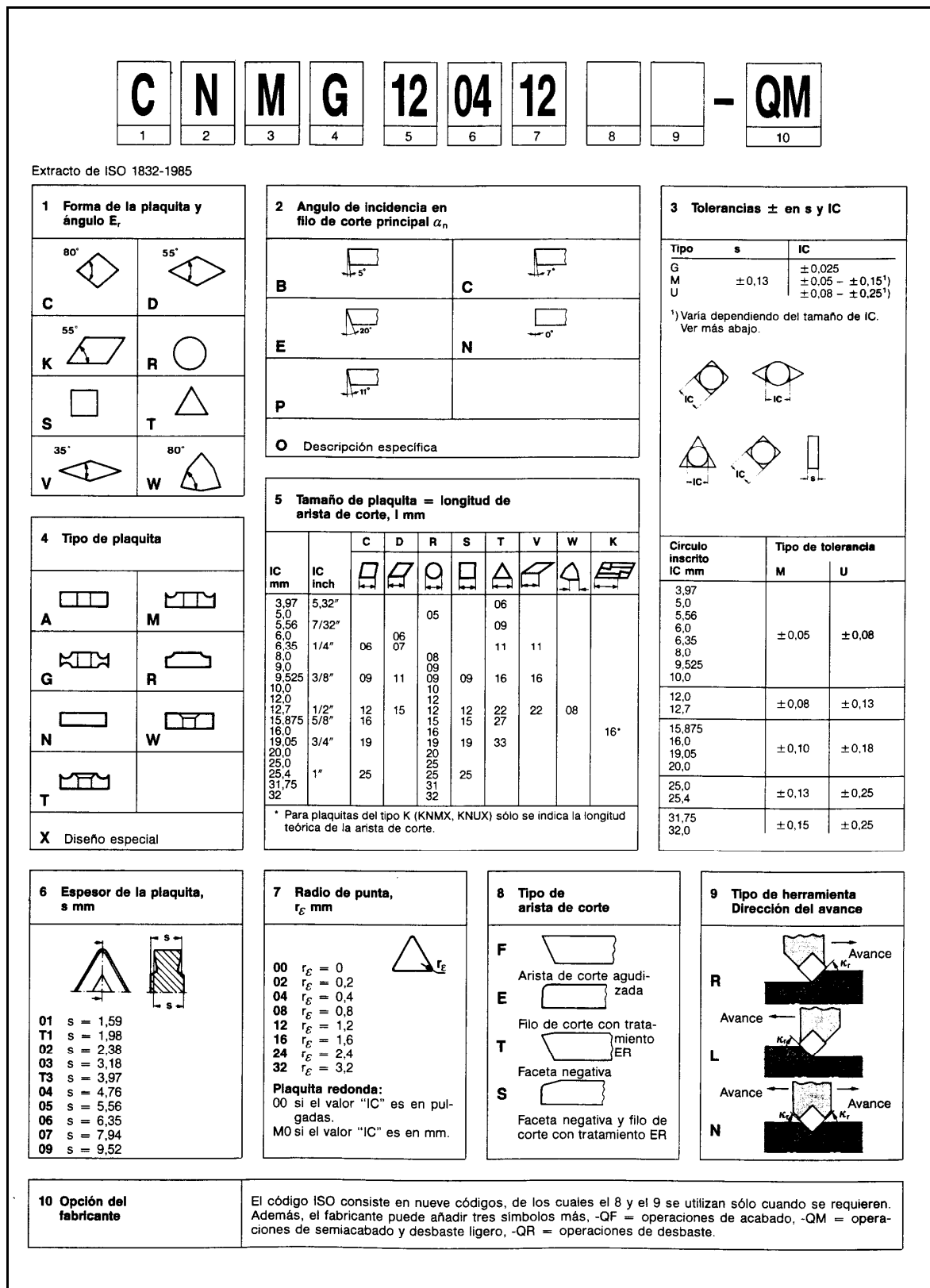


Figura 12: Codificación de las plaquitas de torneado general [24, p. 16]

2.4. ESTADO DEL ARTE DE LAS APLICACIONES MÓVILES

Las aplicaciones móviles son el resultado de días y días de trabajo, incluso años. El desarrollo es complicado, laborioso y requiere grandes conocimientos. Estas aplicaciones son las que proporcionan facilidades al usuario, entretenimiento, formas más sencillas de realizar tareas, sencillez en la comunicación, y mucho más. Hoy en día forman parte de la vida diaria de las personas, ya viene a ser en el trabajo, en las relaciones personales o en cualquier tipo de actividad.

Sin embargo, las aplicaciones móviles no serían útiles por sí mismas. Necesitan algo en que apoyarse, necesitan un sistema operativo a partir del cual tener la capacidad de funcionar. El sistema operativo es el que permite que una aplicación sea descargada y usada, es el que controla los permisos que tiene dentro del dispositivo, el que permite compartir datos entre aplicaciones. Además, es aquel que permite almacenar las aplicaciones y todos sus datos. Es por ello que, antes de empezar a desarrollar la aplicación, es crucial tomar una decisión acerca del sistema operativo para el que se va a desarrollar.

2.4.1. SISTEMAS OPERATIVOS

Un sistema operativo es una plataforma *software* en la cual se apoyan las aplicaciones para su funcionamiento. Es el responsable de que el dispositivo permita llevar a cabo las funciones para las que se ha creado, como por ejemplo la existencia del teclado, la sincronización entre aplicaciones, el correo y mucho más. Un sistema operativo también se encarga de determinar que aplicaciones pueden ser usadas en un terminal.

Existen numerosos sistemas operativos en el mercado: *Android*, *iOS*, *Windows Phone*, *BlackBerry 6*, *Symbian* y *Firefox OS* principalmente. En la *Figura 13* se puede ver la cuota de mercado mundial de los principales sistemas operativos.

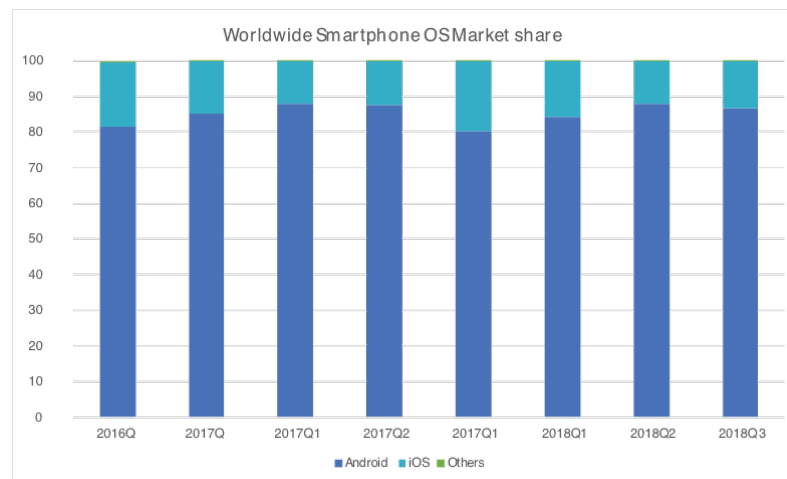


Figura 13: Cuota de mercado de los principales sistemas operativos [25]

Tal y como se puede ver en el gráfico superior, iOS y Android son los dos sistemas operativos más usados. En el tercer trimestre del año 2018, iOS tenía 13.2% de cuota del mercado y Android tenía un 86,8%. En este apartado se va a realizar el análisis de estos dos sistemas para así poder tomar la decisión de cual utilizar.

2.4.1.1. ANDROID

La creación del sistema operativo Android se remonta a la fundación de la empresa Android Inc. en 2003. Esta empresa tenía el propósito de desarrollar dispositivos móviles inteligentes que fuesen más conscientes de la localización y preferencias del usuario. En 2005, la compañía fue adquirida por Google donde comenzó su desarrollo [26].

El sistema operativo Android es un proyecto de código abierto, lo que significa que, mientras Google desarrolla la plataforma Android activamente, deja una parte de ella de manera gratuita para que pueda ser modificada y ajustada al gusto de las empresas de fabricación de terminales que deseen utilizar Android en sus dispositivos. Google solamente cobra a los fabricantes si desean instalar las aplicaciones nativas de Google en el sistema operativo.

Una consecuencia directa de que sea de código abierto es que se ve diferente en función del dispositivo en el que esté instalado. Eso significa que los fabricantes tienen la libertad de personalizar el sistema operativo y hacer su propia versión. Debido a esto y a que la mayoría de las empresas móviles utilizan este sistema operativo, los usuarios tienen la posibilidad de elegir entre una gran cantidad de marcas y terminales dentro de las propias marcas, con variaciones de precio y calidad con el fin de ajustarse a todos los clientes.

Android tiene varios puntos fuertes que le diferencia de sus competidores. Lo más importante es que es un sistema operativo muy trabajado, con un gran rendimiento y un manejo sencillo, que, a su vez, se preocupa por la seguridad de sus usuarios. Además, otro punto muy destacado de Android es su capacidad de personalización, permitiendo variar la pantalla de inicio agregando los conocidos Widgets, cambiar la transición entre pantallas o incluso *rootear* el dispositivo. *Rootear* consiste en el proceso por el cual se modifica el sistema operativo que viene en un dispositivo para obtener de esta manera el control total sobre este [27].

La descarga de aplicaciones dentro de este sistema operativo se puede realizar de dos maneras principalmente. Por una parte, existe la conocida Google Play, de la cual se pueden descargar infinidad de aplicaciones tanto de pago como gratuitas. Son aplicaciones oficiales, es decir, aprobadas por la empresa Google tras haber pasado una revisión de calidad. Sin embargo, Google Play se caracteriza por tener aplicaciones que varían mucho en calidad, y esto es debido a que la revisión que pasan no es muy exigente, lo que provoca que en muchas ocasiones el usuario se encuentre aplicaciones de poca calidad. Cabe mencionar que Google está mejorando la revisión del software que desea entrar en la tienda. Por otra parte, otra forma de descargar aplicaciones es de manera no oficial. Android permite la instalación de aplicaciones descargadas directamente desde Internet (bajo consentimiento del usuario, quien debe aceptar que ese tipo de instalaciones puede provocar la aparición de virus).

A pesar de los puntos fuertes que tiene este sistema operativo, también cuenta con algún punto débil, y es el caso de las actualizaciones del propio sistema. Por lo que se ha visto hasta la fecha, los fabricantes no están interesados en dar actualizaciones a móviles que ya no están en venta o tienen cierta antigüedad. Como esos dispositivos ya se han vendido en su mayor parte, prefieren trabajar en dar actualizaciones a los nuevos, para de esta manera, atraer a nuevos clientes; y es solamente en pocas ocasiones en las que los fabricantes sacan actualizaciones para dispositivos antiguos, aunque suele ser con varios meses de retraso.

Otro punto débil de Android es el gasto de batería de sus aplicaciones, que en muchas ocasiones están funcionando en segundo plano provocando que la batería se agote muy rápido. Por último, aunque Android proporciona cierta seguridad a sus usuarios, tal y como se ha comentado antes, el hecho de que se puedan descargar aplicaciones falsas posibilita la aparición de software malicioso. La *Figura 14* muestra un dispositivo móvil que funciona con el sistema operativo Android.



Figura 14: Dispositivo con sistema operativo Android [28]

2.4.1.2. IOS

El término iOS hace referencia al sistema operativo creado por la empresa Apple. Fue originalmente conocido como “iPhone OS” e introducido por primera vez en 2007 al mismo tiempo que se lanzó el primer dispositivo por Apple, el iPhone. Era un término usado para describir el software que operaría en el iPhone y está derivado del término “OS X”, que es el nombre con el que la empresa Apple describe su sistema operativo para sus ordenadores Mac (Macintosh). La plataforma iOS es un sistema de software basado en dispositivos móviles que funciona como un ordenador, pero en un dispositivo portable. Está diseñado para ser pequeño, rápido y tener un gran rendimiento.

Apple es el responsable de este sistema operativo, por lo que también son ellos los que lanzan las nuevas versiones, así como las actualizaciones de una misma versión del sistema operativo. Desde la primera versión hasta la tercera, el sistema operativo recibió el nombre de iPhone OS 1, 2 y 3. Desde entonces hasta la actualidad, ha pasado a llamarse iOS 4, 5, 6 y así hasta el 12. Cabe destacar que estas son simplemente las grandes actualizaciones dentro del sistema, ya que, de cada una de las versiones, existe lo que podemos llamar subversiones, que van recibiendo el nombre de la versión seguida de un punto y el número de subversión: 12.1, 12.2, o incluso 12.1.3, 12.1.4. Se debe comentar también, que el gran cambio de iOS se produjo en el traspaso de iOS 6 a iOS 7, en el que hubo un rediseño visual gigantesco, así como la agregación del

conocido Control Center y el Multitasking. En la *Figura 15* se puede observar este cambio de iOS.



Figura 15: Pantalla principal de iOS 6 (izquierda) e iOS 7 (derecha) [29]

En este documento, le daremos mayor importancia a iOS que a Android, ya que la aplicación va a estar desarrollada bajo este primer sistema operativo. Es por ello que se va a analizar su arquitectura.

La arquitectura de iOS está basada en capas. Cada una ocupa una posición diferente gracias a la funcionalidad que otorgan. La *Figura 16* muestra el orden de dichas capas.

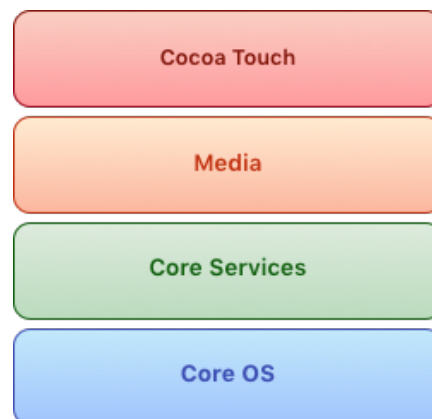


Figura 16: Orden de capas en la arquitectura iOS

Las capas más altas (*Cocoa Touch* y *Media*) son las que dan un mayor nivel de abstracción, y las más bajas (*Core Services* y *Core OS*) son las más fundamentales. Debido a ello, las capas altas dependen de las bajas para tener la mayor parte de su funcionalidad.

- **Cocoa Touch:**

Se trata de la capa más superior de la arquitectura iOS. Es aquella que maneja la interfaz, es decir, lo que el usuario ve. Da soporte a la capacidad táctil del dispositivo, a las animaciones, la cámara, las notificaciones, y contiene algunas de las librerías nativas fundamentales de las que dependen las aplicaciones, siendo la más importante, UIKit.

Esta librería proporciona la infraestructura necesaria para el desarrollo de aplicaciones en terminales iOS. Proporciona la vista y la arquitectura necesaria para implementar la interfaz, aparte de dar soporte a la capacidad *Multi-touch*. También lleva a cabo la administración de las interacciones entre el usuario, el sistema y la aplicación.

Cocoa Touch proporciona a los desarrolladores una gran cantidad de herramientas, como son *Auto Layout*, el reconocimiento de gestos y el soporte de documentos, además de otras librerías como *MapKit*, *GameKit* o *Message UI* [30].

- **Media:**

Se trata de la capa encargada de dar soporte a las librerías que proporcionan la capacidad de audio, visuales y otros archivos multimedia. Contiene componentes fundamentales, como por ejemplo la librería de *Assets*, la cual proporciona acceso a las fotos y vídeos del usuario. A su vez, también tiene librerías importantes como *Core Image*, que actúa como un procesador que permite a los desarrolladores crear herramientas para modificar imágenes y para detectar características dentro de una imagen; u otras como *Core Text*, que es la encargada de mostrar todo tipo de texto y de manipular sus fuentes. *Core Audio* también tiene un gran papel al permitir la grabación de audio y la reproducción de sonidos.

- **Core services:**

Se trata de la capa encargada de gestionar los servicios fundamentales del sistema y de las aplicaciones, sin tener que afectar a la interfaz del usuario.

Contiene librerías importantes como por ejemplo *Core Data*, la cual es una librería utilizada para administrar los objetos dentro de la aplicación además de administrar el ciclo de vida de las aplicaciones. Otra librería fundamental es *Foundation*, que proporciona la capa de funcionalidad dentro de las aplicaciones

y librerías. Esta capa también incluye herramientas para el almacenamiento de datos y el procesamiento de texto y páginas web.

- **Core OS:**

Se trata de la capa que contiene el sistema operativo y los servicios utilizados por otras tecnologías dentro de iOS. Principalmente contiene librerías que proporcionan servicios de seguridad, la conexión de dispositivos de terceros al propio terminal, el acceso a *Bluetooth* o *WIFI*. Tiene librerías como *Accelerate Framework*, la cual es utilizada para realizar cálculos matemáticos extensos y para el procesamiento de señales e imágenes (muy utilizadas en aplicaciones de juegos). En cuanto a la seguridad, tiene la librería *Security Framework*, que proporciona los certificados para conectarse a redes externas, almacena las contraseñas, la política de privacidad del usuario y la autenticación.

2.4.1.3. COMPARATIVA ENTRE ANDROID E IOS

Tal y como se ha explicado en el análisis de ambos sistemas operativos, los dos son sistemas muy trabajados, con grandes similitudes, pero con diferencias clave que hacen que los usuarios se decanten por uno o por otro. La *Tabla 1* muestra una comparativa de los aspectos más importantes:

Android	iOS
Posibilidades de personalización.	No permite apenas personalización.
Cantidad de usuarios masiva.	Menor número de usuarios, pero más exigentes.
La existencia de tantos modelos de dispositivos Android provoca un empeoramiento de la calidad.	Excelente diseño, gracias al hecho de que el software está desarrollado para el hardware.
Decadencia de las características del terminal al poco tiempo de vida.	Gran rendimiento, muy logrado en la fluidez y en la batería, y a largo plazo.
Las aplicaciones varían mucho en calidad ya que Google lleva a cabo una revisión poco exhaustiva de las mismas.	Aplicaciones de gran calidad gracias al sistema de revisión de Apple.
Dispositivos que varían en calidad y en precio, ajustándose a todo tipo de cliente. Reparaciones simples y poco costosas.	Dispositivos de alto precio y alta calidad. Reparaciones costosas.

Tabla 1: Comparativa entre Android e iOS

2.4.2. TIPOS DE APLICACIONES

2.4.2.1. APLICACIONES NATIVAS

Una aplicación nativa es aquella desarrollada para un sistema operativo en particular. En el caso de Android sería usando el lenguaje de programación Java, y en el caso de iOS, los lenguajes Objective-C o Swift.

Este tipo de aplicaciones tienen la ventaja de que se ha desarrollado usando las pautas específicas y las herramientas propias de cada sistema operativo, como por ejemplo los gestos, los menús laterales de Android y los inferiores de iOS, la forma de esconder el teclado, etc. Esto no sólo da la capacidad de tener un mejor rendimiento, sino que también hace que la aplicación se sienta bien, lo cual significa que la interacción del usuario entre las aplicaciones da una sensación de consistencia al tener un diseño nativo.

Por otra parte, para el usuario siempre va a ser más fácil aprender a utilizar una aplicación nativa, ya que será similar a otras que haya visto anteriormente. Finalmente, un aspecto muy importante de estas aplicaciones es la capacidad que tienen para acceder y utilizar las herramientas del teléfono, como pueden ser la cámara, la lista de contactos, los archivos multimedia, etc.

En definitiva, las aplicaciones nativas son aquellas que se sienten nativas para el usuario y desarrolladas siguiendo los patrones de su sistema operativo.

2.4.2.2. APLICACIONES HÍBRIDAS

Por otra parte, están las aplicaciones híbridas, que simplemente están formadas por un conjunto de páginas web procesadas dentro del sistema nativo del terminal. Tienen la ventaja de que una misma aplicación puede ser compilada en todos los sistemas operativos que soporten el procesamiento de páginas web, lo cual significa que con el desarrollo de una sola aplicación puedes abarcar un mayor número de clientes.

Se sienten como aplicaciones nativas, pero su diseño muchas veces no es el común en el sistema operativo, y, además, tienen restringido el reconocimiento de los gestos que realice el usuario en la pantalla. Estas aplicaciones frecuentemente son las propias páginas web de las empresas, y suelen estar desarrolladas en lenguajes como HTML o JavaScript, y en programas como Ionic [31].

2.4.3. ELECCIÓN DE SISTEMA OPERATIVO Y TIPO DE APLICACIÓN

Para la elección del sistema operativo y el tipo de aplicación, se necesita saber previamente cuál es exactamente la situación del mercado de las aplicaciones.

Por una parte, tenemos *Google Play*, donde se localizan las aplicaciones del sistema operativo Android, donde podemos encontrar una gran cantidad de aplicaciones para el ámbito industrial, sobre todo para el ámbito de las herramientas de torno y fresado. Las aplicaciones de la empresa *Sandvik Coromant* son las más destacadas y las de mayor calidad, que están basadas en su propia página web. Casi todas ellas simplemente muestran información sobre herramientas de corte o te ayudan en el cálculo de los parámetros.

Por otra parte, está la *App Store*. En ella podemos encontrar todas las aplicaciones disponibles para el sistema operativo iOS. En esta tienda se pueden encontrar un menor número de ellas referentes al mundo industrial y a las herramientas mencionadas anteriormente. Un claro ejemplo es la empresa mencionada *Sandvik Coromant*: mientras que en *Google Play* existen siete aplicaciones desarrolladas por ellos, en el *App Store* solamente tienen tres. A parte de estas tres, solamente existen unas pocas más referentes a este ámbito.

La aplicación va a ser desarrollada en iOS. Mientras que ambos sistemas operativos ofrecen características similares, por experiencia y conocimiento personal, me da una mayor motivación para su desarrollo. Además, la situación del mercado en este ámbito es mejor que la de Android, abriendo posibilidades a que sea una aplicación con futuro.

2.5. DESARROLLO IOS

El desarrollo en plataformas iOS tiene la principal característica de que, en el momento de desarrollar, se sabe con seguridad todos los dispositivos en los que la aplicación va a estar disponible.

Por otra parte, otra característica fundamental del desarrollo en iOS es el lenguaje en el que se desarrolla, el cual es *Objective-C* y *Swift*. Sin embargo, hoy en día principalmente se usa *Swift* para su desarrollo. *Swift* tiene la característica de ser un lenguaje ordenado, claro y sencillo de leer, mientras que *Objective-C* es un lenguaje antiguo, con treinta años de antigüedad, más difícil de leer y menos rápido.

A su vez, una última característica principal a la hora de desarrollar en iOS es que es un sistema de código cerrado. Esto significa que los desarrolladores están limitados a

la hora de crear sus aplicaciones, es decir, están limitados a las posibilidades que les ofrece *Apple*.

Para el desarrollo en iOS es fundamental tener un ordenador *Mac*, en el que se tenga instalado *Xcode*, que es la herramienta utilizada para el desarrollo de este sistema operativo. Se trata de un software gratuito siempre y cuando se tenga un *Mac*.

2.5.1. XCODE

Xcode [32] es un entorno de desarrollo integrado, lo cual significa que contiene todas las herramientas necesarias para producir una aplicación dentro de un mismo paquete de software, en vez de tener cada una de las herramientas por separado [33]. *Xcode* es el software para el desarrollo de todos los sistemas operativos creados por *Apple*: *iOS*, *OS X*, *watchOS* y *tvOS*. La *Figura 17* muestra el icono de este programa.



Figura 17: Icono de Xcode

Este software permite programar y desarrollar en varios lenguajes, como son *Objective-C*, *Swift*, *Java*, *Python*, etcétera. Mediante este programa, los desarrolladores tienen la capacidad de crear sus aplicaciones desde cero hasta el punto de lanzarla al mercado, al App Store.

Xcode fue lanzado al público por primera vez en 2003, y desde entonces ha ido teniendo actualizaciones continuas, tanto para incluir mejoras en su lenguaje nativo (*Swift*), como para ir añadiendo nuevas librerías y nuevas funcionalidades, así como mejoras en el diseño.

Una de las principales características de *Xcode* es capacidad para facilitar el trabajo en equipo. Gracias a su colaboración con empresas como *GitHub* o *GitLab*, la coordinación entre trabajadores de un mismo equipo es sencilla y rápida, permitiendo tener repositorios donde ir subiendo los últimos cambios en el código.

Por otra parte, se debe comentar también la parte de *test*. *Xcode* tiene incorporado una herramienta para realizar *tests* de manera simple y rápida. En él se pueden testear tanto la interfaz del usuario como el propio rendimiento de la aplicación.

Finalmente, está el simulador, que simplemente consiste en un *iPhone* digital que se muestra en la pantalla del *Mac* y a partir del cual se puede probar, testear e ir comprobando todo lo realizado en las aplicaciones desarrolladas. Sin embargo, como es lógico, todo aquello que necesite el uso de la cámara o de herramientas como el desbloqueo facial o por huella, no estarán disponibles. La *Figura 18* muestra un *iPhone XR* desplegado mediante el simulador de Xcode.



Figura 18: iPhone XR en el simulador de Xcode

2.5.2. SWIFT

Swift es el lenguaje de programación para desarrollar en *macOS*, *iOS*, *watchOS* y otras plataformas. Es seguro, rápido y con un lenguaje interactivo que permite que sea sencillo de leer y escribir gracias a su expresividad.

Se trata de un lenguaje creado por Apple en el 2014, que, en tan solo cinco años, se sitúa entre los diez lenguajes de programación más importantes y con más futuro del mundo. La *Figura 19* muestra un diagrama de las diferentes grandes actualizaciones que ha ido tomando Swift desde su creación hasta la fecha actual:



Figura 19: Historia de actualizaciones de Swift

Swift contiene un lenguaje sencillo con la intención de que se pueda crear un código limpio y con menos errores, e incluso, no necesita la escritura de “;” al final de cada línea. A su vez, adopta características de otros lenguajes, como por ejemplo de Objective-C, del cual adopta la forma de llamar a los parámetros [34].

2.5.3. PROGRAMACIÓN POR STORYBOARD, XIB Y CÓDIGO

A la hora de desarrollar en iOS, siempre surge la duda de cuál es la mejor manera de crear la interfaz del usuario: se puede realizar mediante el uso de *Storyboards* o *XIBs*, o creando todo por código.

- **Storyboard**

Se trata de una herramienta visual que permite exponer numerosas vistas y las transiciones entre ellas. Cada una de las vistas de un *Storyboard* permite ser personalizada enormemente desde la propia herramienta. En la *Figura 20* se puede ver un ejemplo de *Storyboard*:

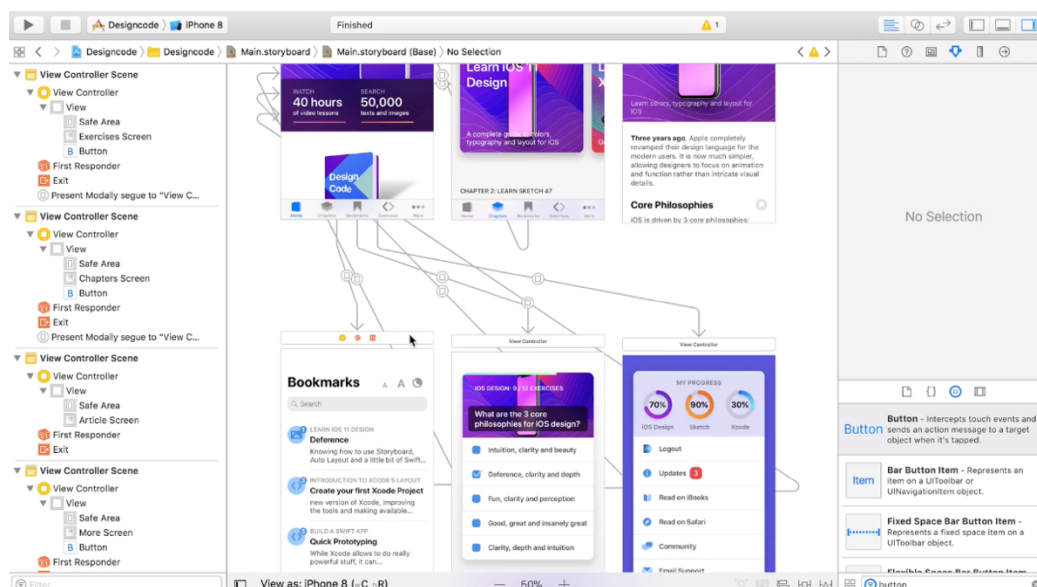


Figura 20: Diseño de interfaz por Storyboards [35]

Tal y como dice su nombre en inglés, *Storyboard* es una pizarra con una historia que contar. Tiene sentido usar esta herramienta siempre que se quiera crear un conjunto de vistas con una importante conexión entre ellas como, por ejemplo,

en las vistas de autenticación de una aplicación. Sin embargo, se debería evitar introducir muchas vistas dentro de un Storyboard, ya que son difíciles de mantener, y, además, si se trabaja dentro de un equipo de desarrollo, conflictos entre el trabajo de los diferentes desarrolladores son inevitables.

- **XIB**

Se trata de la forma antigua de desarrollar la interfaz del usuario. Sin embargo, por antigua no nos referimos en ningún momento a mala. La forma de diseñar mediante *XIBs* es creando vistas individuales. Estas vistas pueden ser personalizadas desde la propia herramienta, pero con restricciones, ya que la mayor parte de los elementos de la vista deben ser diseñados aparte y después incluidos dentro del *XIB*. En la *Figura 21*, se puede ver un ejemplo de esta herramienta:

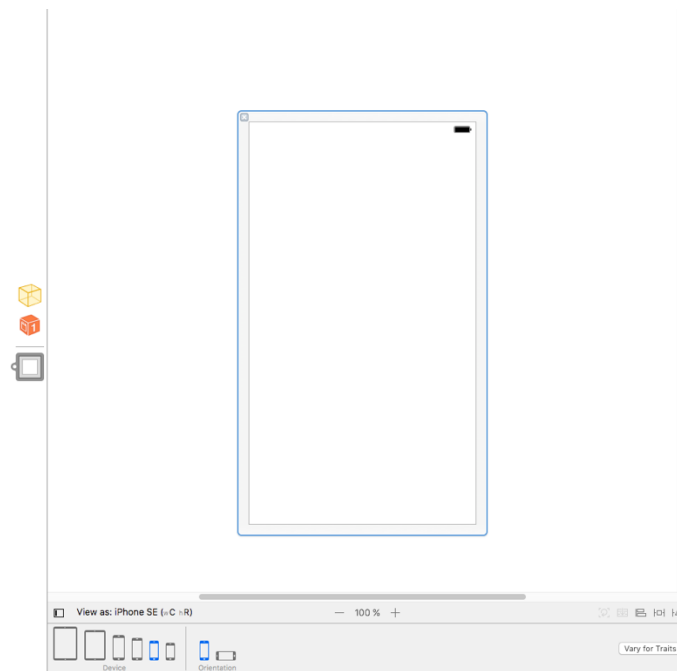


Figura 21: Diseño de interfaz por XIBs [36]

XIBs deberían ser evitados siempre y cuando se tenga contenido dinámico, en el que la disposición de los elementos cambie significativamente en función del contenido, y también cuando se desee personalizar significativamente las vistas mediante el uso de la herramienta.

Por otra parte, para todo lo que tenga que ver con trabajo en equipo, se trata de una opción muy adecuada ya que, al trabajar en vistas individuales, los conflictos entre los trabajos de unos y otros desarrolladores son mucho menores.

- **Diseño por código**

Cualquier interfaz de usuario que pueda hacerse mediante una de las dos opciones anteriores, también es posible hacerla entera por código. A su vez, incluso cosas que no se pueden implementar mediante esas herramientas, sí que es posible hacerlas por código.

El diseño de una interfaz por código es una buena manera de conocer todo lo que sucede en la vista. Además, es imprescindible para casos en los que se tienen que hacer animaciones o movimientos de elementos en las vistas. Un ejemplo claro de la necesidad de usar código es cuando se muestra el teclado en la pantalla y las letras que se escriben no se ven debido a que están siendo ocultadas por dicho teclado. La manera de solucionarlo es subiendo la vista en función de la altura del teclado, lo cual es necesario que sea realizado por código.

En el caso de la aplicación a desarrollar en este proyecto, se va a hacer uso de *Storyboards* individuales, a modo de *XIBs*. De esta manera, tendremos la posibilidad de personalizar todas las vistas desde la propia herramienta. A su vez, se hará uso del diseño por código para todo lo relacionado con las animaciones.

2.5.4. FIREBASE

Para el tratamiento de los datos de una aplicación se usan las bases de datos. “Una base de datos es un “almacén” que nos permite guardar grandes cantidades de información de forma organizada para que luego podamos encontrar y utilizar fácilmente.” [37].

En el caso de la aplicación de este proyecto, se va a utilizar la herramienta *Firebase* [38], creada por *Google*. Esta herramienta permite infinidad de cosas, entre las que se encuentran la creación de bases de datos a tiempo real o la autenticación del usuario, que son las dos utilidades que se van a utilizar en este proyecto.

- **Base de datos a tiempo real**

Mientras que la mayor parte de las bases de datos requieren que se les realice una llamada cada vez que se desee obtener sus datos, *Firebase* lo hace diferente. Esta herramienta sincroniza automáticamente los datos de la aplicación cada vez que hay un cambio en su base de datos.

Las bases de datos creadas con esta herramienta están escritas en lenguaje JSON (*JavaScript Object Notation*). Es un lenguaje utilizado principalmente para

la transmisión de datos entre una aplicación, programa o web, con el servidor. Se trata de un lenguaje fácil de leer y de escribir gracias a su estructura en forma de árbol. Un ejemplo de base de datos creado en *Firebase* es el que se ve en la *Figura 22*. En ella se ve cómo se va abriendo la base de datos hasta llegar a la variable usuarios (“users” en la *Figura 22*), y a partir de ahí se divide en los usuarios registrados. Cada usuario tiene a su vez varios objetos, representados por el conjunto de letras incoherentes, de los que salen a su vez otros objetos. Esta es la forma en la que se estructuran estas bases de datos.

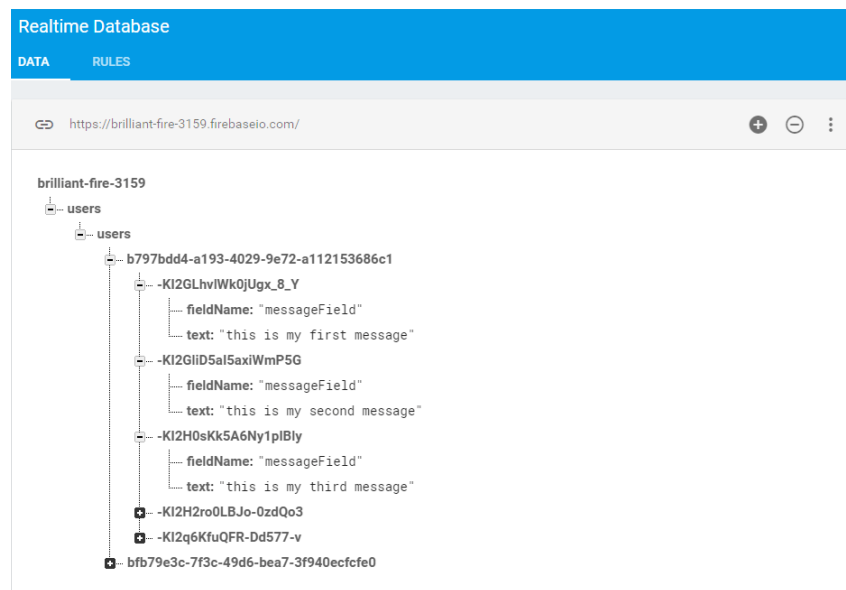


Figura 22: Ejemplo de base de datos mediante el uso de Firebase

- **Autenticación**

Firebase tiene incluida un sistema de registro y autenticación mediante correo electrónico y contraseña. A su vez, también da soporte a la autenticación mediante *Google*, *Facebook* o *Twitter* entre otras. Crear un método de autenticación nativo y propio es algo muy complejo, pero gracias a esta herramienta se hace mucho más sencillo, y además da la posibilidad al desarrollador de manejar el total de los usuarios y mostrar una información u otra en función del mismo.

2.5.5. DISEÑO DE APLICACIONES MEDIANTE SKETCH

Las aplicaciones móviles están compuestas de código, bases de datos, pero, además, también están compuestas de imágenes. Estas imágenes en Xcode reciben el nombre de recursos (del inglés *assets*), y cuando se muestran en las vistas de la interfaz, tienen varias funciones: dan personalidad a la aplicación, dan información, y en ocasiones

también suelen actuar como botones. Son imprescindibles, y son una parte igual de importante que el mismo código, ya que, sin ellas, la aplicación sería aburrida y poco atractiva.

Existen muchos programas para el diseño de estos recursos. Uno muy conocido es el creado por la empresa *Adobe* [39], y recibe el nombre de *Adobe Illustrator* [40]. Sin embargo, en el desarrollo iOS hay una herramienta también muy usada y conocida llamada *Sketch* [41].

Sketch es una herramienta profesional de pago creada para terminales Mac. Es utilizada para diseñar la interfaz del usuario, pero no la parte de código (que es realizada por los desarrolladores), sino simplemente la parte visual. La *Figura 23* muestra el icono de este programa.



Figura 23: Icono de la herramienta Sketch

A su vez, *Sketch* es utilizado para el diseño de páginas web, de iconos y de todo lo que se desee. En concreto, en este proyecto, *Sketch* será utilizado para la creación del icono y de la gran mayor parte de los recursos de la aplicación, y para la creación de figuras usadas dentro de este documento, como el caso de la *Figura 16: Orden de capas en la arquitectura iOS*, y la *Figura 19: Historia de actualizaciones de Swift*.

2.6. REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada, comúnmente conocida como AR (del inglés “*Augmented Reality*”), es la tecnología que expande nuestra visión del mundo añadiéndole capas de información digital. Guiándonos por su nombre, la palabra aumentada hace referencia a un aumento, una extensión o una mejora. De esta manera, podemos entender la realidad aumentada como una forma de realidad virtual en la que es el mundo real el que se expande mediante el uso de elementos virtuales.

La realidad virtual, comúnmente conocida como VR (del inglés “*Virtual Reality*”), se trata de una tecnología, que, a través de gafas de VR, se crea una nueva realidad que reemplaza a la real. A diferencia de esta, AR se encarga de simplemente añadir elementos nuevos en el mundo real a través de un dispositivo móvil.

2.6.1. ESTADO DE LA REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada ha conseguido una gran popularidad en estos últimos años, sin embargo, la idea de AR lleva en el mundo mucho más tiempo de lo que pensamos.

La primera referencia de ella se remonta a 1901, cuando el escritor Lyman Frank Baum, publicó una novela ilustrativa llamada "*The Master Key*". En ella, describe lo que podríamos llamar como un "creador de personajes", es decir, unas lentes electrónicas con las cuales, cuando una persona mira a través de ellas, dichas lentes mostrarían una carta mostrando el personaje en la persona a la que se observa. El protagonista incluso bromea con que esa tecnología estaba un siglo por encima de ellos [42].

A pesar de esto, la realidad aumentada tuvo su nacimiento como tal en 1974, con la creación por parte de Myron Krueger de un sistema que recibió el nombre de *Videoplace*. Se trataba de una combinación de un sistema de proyección y cámaras de vídeo que producían sombras en una pantalla en función del movimiento del usuario, lo que originaba que el usuario sintiese que se encontraba en un entorno interactivo.

Más adelante, en 1990, surgió el término de realidad aumentada, creado por un investigador de la empresa Boeing. Desde ese año hasta 2009, AR empieza a adoptar más y más usos: en el teatro, en laboratorios, en los partidos de fútbol americano, en la NASA, o incluso en revistas de entretenimiento.

Sin embargo, no es hasta 2009, cuando la realidad aumentada expande su ámbito al mundo de Internet y de los dispositivos móviles. Desde entonces, AR ha originado un gran impacto en la sociedad y en la forma en la que las personas realizan sus tareas cotidianas. Es utilizada por empresas para entrenar a sus trabajadores, en las universidades para que los alumnos obtengan una visión más clara de los conceptos que no son visibles a simple vista, en el mundo del entretenimiento, y en muchos más ámbitos.

En un futuro, se espera que esta tecnología se extienda más comúnmente entre los *wearables*, es decir, entre los complementos para llevar día a día: gafas, relojes, etcétera. También se espera que se amplíe aún más su uso en la compra de productos en tiendas, y en el mundo de los negocios

2.6.2. USOS ACTUALES DE LA REALIDAD AUMENTADA EN APLICACIONES MÓVILES

Actualmente la realidad aumentada se encuentra en uso en infinidad de ámbitos. En esta sección de la memoria, se va a realizar un breve análisis de los usos más

impactantes y con más proyección que tiene esta tecnología en aplicaciones móviles hoy en día:

- **IKEA Place [43]**

Este es el nombre que recibe la aplicación más reciente creada por la empresa sueca Ikea, la cual se dedica a la venta de muebles para montar y de accesorios para la casa entre otros. Esta empresa ha dado un paso muy grande con la creación de esta aplicación, y el motivo por el cual la ha creado es el siguiente:

Se trata del tipo de percance vergonzoso al que nos hemos enfrentado todos en algún momento a la hora de decorar nuestra casa. Eliges un hermoso sofá o una mesa de comedor y te lo llevas a casa con entusiasmo. Sin embargo, al llegar a casa te das cuenta de que no se ajusta al diseño de la habitación o que no hay espacio suficiente para él [43].

La aplicación se basa en una forma de realidad aumentada que permite colocar accesorios para la casa en la propia habitación. A través de la cámara, vas añadiendo elementos en los lugares que deseas, pudiendo ver si se ajusta con el diseño e incluso si hay espacio suficiente para su colocación. La *Figura 24* muestra un ejemplo de uso de esta aplicación, en la que se está colocando un sofá en una zona de la habitación mediante la realidad aumentada.

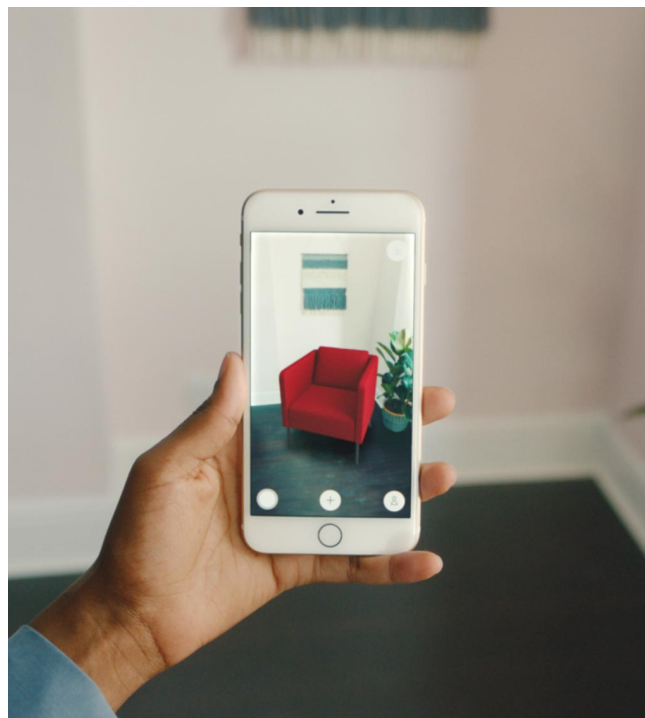


Figura 24: Ejemplo de uso de la aplicación IKEA Place [43]

- **Wanna Kicks [44]**

Se trata de nuevo de una aplicación móvil, en este caso únicamente para dispositivos iOS, que consiste en un asistente para comprar zapatillas. Funciona de tal forma que el usuario elige el par de zapatillas que se quiere probar, enfoca con la cámara del terminal sobre su propio pie, y en él aparece una zapatilla virtual, de tal forma que el usuario puede ver que tal le queda y si le interesa o no comprárselas.

A pesar de que no permite elegir el tamaño de las zapatillas y ver si queda bien en ese aspecto, para los compradores de zapatillas online es una aplicación de gran utilidad ya que suelen tener claro el tamaño que quieren comprar, por lo que lo único de lo que quieren estar convencidos es de que les va a gustar como quedan puestas. En la *Figura 25* se puede ver un ejemplo de uso en el que una persona se está probando la zapatilla que desea.

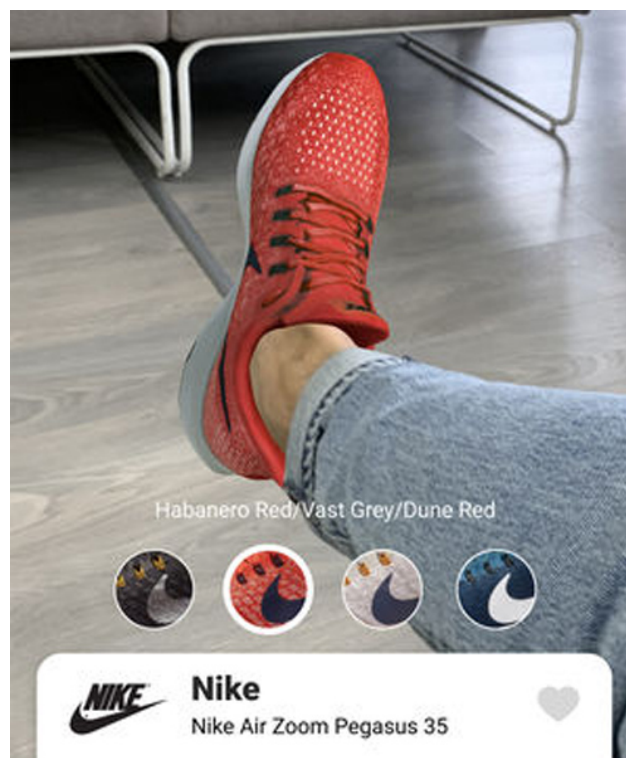


Figura 25: Ejemplo de uso de la aplicación Wanna Kicks [45]

- **Sephora Virtual Artist [46]**

En este caso, la empresa francesa de cosméticos creó en el 2017 una aplicación compatible con iOS y Android, que permite a los clientes probarse diferentes estilos de maquillaje y de pintalabios en su propia cara digital. Esta es una manera muy efectiva de impulsar las ventas y de proporcionarles a los usuarios formas divertidas de probarse nuevos aspectos.

Además, es también un asistente para la compra de dichos cosméticos, aconsejando unos u otros en función del color de piel, de la utilidad que se le quiere dar, o incluso de las preferencias. En la Figura 26 se puede ver una mujer que compara su cara con aspecto natural y su cara con el cosmético.

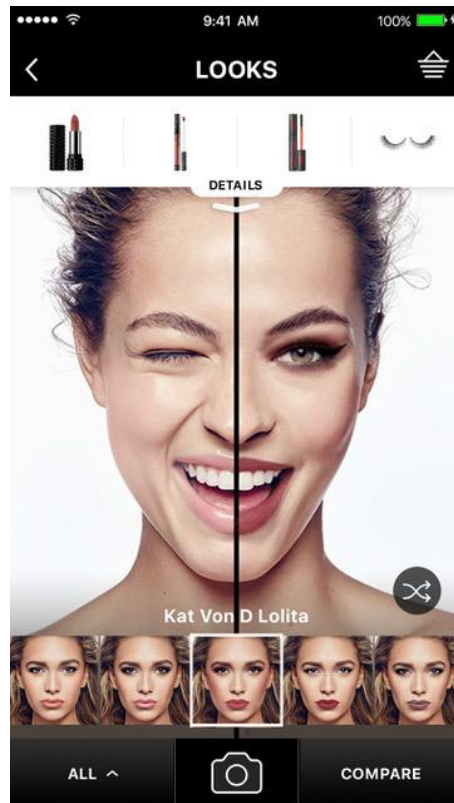


Figura 26: Ejemplo de uso de la aplicación Sephora Virtual Artist [47]

2.6.3. ARKIT

ARKit [48] es la librería nativa de realidad aumentada por excelencia para dispositivos iOS. Fue introducida por Apple en 2017 al mismo tiempo que iOS 11, y es compatible con iPhone y iPad.

Esta librería usa la cámara y los sensores para procesar y crear un mapa interno del entorno que le rodea. Una vez ha procesado esta información, el usuario tiene la posibilidad de situar objetos 3D en el entorno. De esta manera, esos objetos 3D pasan a sentirse parte del mundo real, dando la posibilidad al usuario de poder moverse cerca de ellos como si fuesen objetos reales.

En el 2018, a la vez que iOS 12, Apple introdujo ARKit 2, que permitía la detección de imágenes 2D e incluso rastrearlas.

ARKit se divide en tres capas que funcionan de manera simultánea:

- **Capa encargada del rastreo**

Se trata de la capa principal de esta librería. Permite rastrear la posición del dispositivo, la localización y la orientación en el mundo real y en vivo. En la *Figura 27* se muestra una pantalla de dispositivo móvil que contiene un objeto 3D, y en el que se pueden apreciar en la parte inferior algunas de las características que recoge ARKit del entorno en el que se encuentra

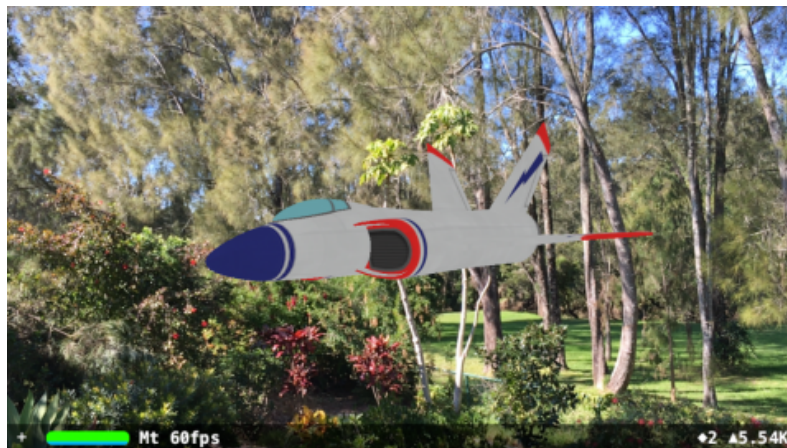


Figura 27: Ejemplo de características que ARKit reconoce en el entorno [49]

- **Capa encargada de la comprensión de la escena**

Esta capa se encarga de analizar el entorno que se presenta en la cámara, ajustando la escena o dando información sobre ella. Esta es la que detecta las superficies en el mundo real, como por ejemplo el suelo o una superficie plana. A partir de esto, permite situar un objeto virtual sobre dicha superficie. Además, da también la posibilidad de integrar la iluminación de los objetos virtuales como si hubiese una luz real iluminándolos.

- **Capa encargada de la representación**

Esta capa es la que permite presentar modelos 3D en la escena. Gracias a ella, diseñadores pueden crear sus propios objetos e importarlos en *Xcode* para que el usuario los vea en la pantalla. Autodesk Maya [50], Cinema 4D [51] o Blender [52], son algunos de los programas para ordenador más conocidos que permiten su diseño. A su vez, *Xcode* también permite la creación de estos objetos, pero con grandes limitaciones.

ARKit será la librería usada en la aplicación que se va a desarrollar en este trabajo de fin de grado. Será utilizada para la detección de imágenes 2D. Sobre estas imágenes, la aplicación tendrá la capacidad de poner finas láminas con texto integrado que darán información acerca de las diferentes herramientas de torno.

La parte de código, la forma en que esta librería detecta las imágenes y las superficies, y la forma en la que se pueden introducir y personalizar elementos en la vista, será detallada en la sección correspondiente a ARKit, dentro de la parte de análisis de la propia aplicación de este proyecto.

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo de la memoria, se va a hacer una descripción de la aplicación: los motivos para su realización, las funciones que va a llevar a cabo, el flujo que tendrá en el dispositivo, las imágenes e iconos empleadas en el diseño, y finalmente, las tablas externas a la aplicación necesarias para el entendimiento de alguna de las vistas.

3.1. MOTIVACIÓN DEL SISTEMA

Hoy en día los teléfonos móviles son una herramienta utilizada a diario por la gran mayoría de las personas. En ocasiones se usa para el entretenimiento, para la comunicación, o incluso como herramienta de trabajo. A su vez, existen infinidad de aplicaciones para cada uno de los campos. Prácticamente cualquier aplicación que se te pueda ocurrir, ya ha sido previamente desarrollada y está en las tiendas para poder descargar.

Sin embargo, se puede ver que existe una escasez de aplicaciones relacionadas con el mundo industrial en el App Store, es decir, la tienda de aplicaciones del sistema operativo iOS.

Tras haber cursado la asignatura mencionada en el apartado 1.1 de la memoria, Fabricación Asistida por Ordenador, he sentido un gran interés por todo lo relacionado con este tema. Una vez usada la herramienta de *CoroPlus ToolGuide* [2] y después de haber investigado, he llegado a la conclusión de que no existen aplicaciones móviles para iOS capaces de:

- Llevar a cabo una gestión de herramientas de torno y fresado.
- Asistir al trabajador a la hora de elegir una herramienta u otra.

La realización de una aplicación que incluyera todas esas deficiencias sería algo extremadamente laborioso. Conllevaría el desarrollo de una aplicación que diese cobertura a herramientas de torno y fresado, con todas las variaciones de estas mismas que acarrea, así como el desarrollo de una base de datos de grandes dimensiones capaz de aconsejar una herramienta u otra en función de las preferencias del usuario. El desarrollo de dicha base de datos sería algo muy amplio y demasiado extenso para la elaboración de un Trabajo de Fin de Grado, por lo que he decidido llevar a cabo una aplicación que facilitase la gestión de herramientas de torno, incluyendo un asistente para el trabajador mediante el uso de la realidad aumentada. Además, ya que tengo interés en cursar el Máster en Ingeniería Industrial, con la realización de este proyecto

me propongo la ampliación y el desarrollo de dicha base de datos para el Trabajo de Fin de Máster.

Esto de por sí ya es un proyecto muy amplio teniendo en cuenta que se quiere desarrollar una aplicación profesional, tanto en aspecto como en utilidad, y no una aplicación que carezca en alguno de los dos aspectos.

3.2. FUNCIONALIDAD DE LA APLICACIÓN

La aplicación va a tratar de asistir a los trabajadores que trabajan con herramientas de torneado. Las funcionalidades que pretender abarcar la aplicación, así como las herramientas que tendrá incorporadas, son las siguientes:

- Un servicio de registro y de autenticación, gracias al cual, cada consumidor puede tener un usuario personalizado mediante el cual puede almacenar sus herramientas de forma privada.
- Una pantalla principal que resume el total de las herramientas de torneado que dispone el usuario, mostrando la información principal de cada una de ellas, y posibilitando buscar entre las herramientas y ser ordenadas por campos. A su vez, también incluye una vista de detalles de la herramienta donde se muestran las características de cada una de ellas, así como la posibilidad de eliminarlas.
- Una base de datos mediante la cual se almacenan las herramientas por cada uno de los usuarios.
- Un flujo de vistas que permite la agregación de herramientas. Dicha agregación, se puede hacer seleccionando cada una de las características paso a paso, o de manera manual, añadiendo directamente el código ISO.
- Un asistente mediante el uso de la realidad aumentada que permite la identificación de cada una de las herramientas y que muestra las principales características de cada una de ellas.

Estas funciones serán detalladas y mostradas de manera visual en los siguientes capítulos de la memoria.

3.3. CICLO GENERAL DE LA APLICACIÓN

En este apartado de la memoria se va a detallar el flujo general que siguen las vistas en toda la aplicación. Se debe tener en cuenta que es solamente un flujo global, y que en los siguientes capítulos se va a mostrar el flujo de cada una de las partes con todas las situaciones que se pueden encontrar.

La aplicación comienza con las vistas de autenticación y registro. Una vez el usuario se ha autenticado correctamente, se navega a la pantalla de herramientas, y, mediante una barra de navegación inferior, da la posibilidad de navegar a la pantalla de selección de la forma de agregar la herramienta y la pantalla de realidad aumentada. Desde la pantalla de selección, se da la posibilidad de elegir la forma de añadir la herramienta: manual o por pasos. Una vez se ha completado correctamente la herramienta y no hay errores, se navega a la pantalla de confirmación de que la herramienta ha sido agregada. Por otra parte, en la pantalla de la realidad aumentada, si la cámara detecta la existencia de una herramienta en su campo visual, automáticamente muestra los detalles de la herramienta mostrando un panel sobre la herramienta.

En la *Figura 28* se muestra un esquema del flujo general de la aplicación.

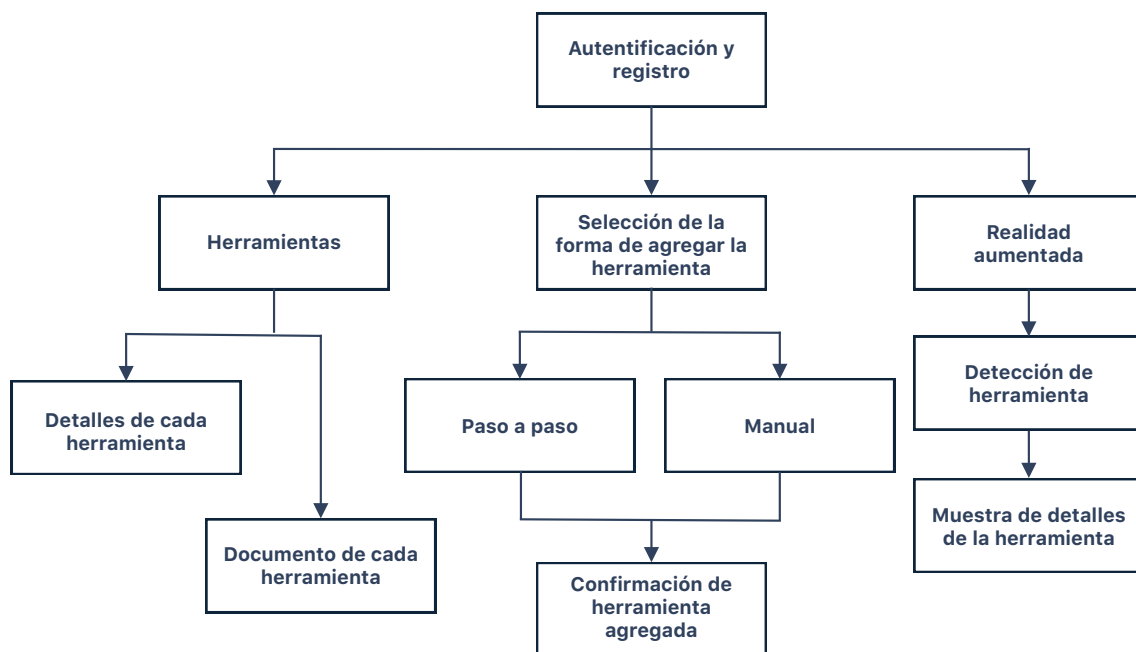


Figura 28: Flujo general de la aplicación

3.4. IMÁGENES E ICONOS UTILIZADOS

Con el objetivo de realizar una aplicación con un diseño profesional, de modo que su uso sea placentero y apetecible para el usuario, se ha llevado acabo el diseño de una gran parte de las imágenes que se ven en pantalla. De esta manera, se ha podido hacer la elección de los colores e imágenes que más se puedan ajustar a los usuarios, utilizando el azul como color principal y escogiendo un tono gradiente para hacerlo más llamativo. A su vez, es importante mencionar que las imágenes son imprescindibles para el entendimiento entre el usuario y el sistema.

Dichas imágenes han sido diseñadas mediante la herramienta mencionada en el apartado 2.5.5, es decir, mediante Sketch [41]. En las Figuras 29 a la 35, se muestran las imágenes que permiten definir las características de las herramientas, utilizando como referencia la Figura 12 [24, p. 16].

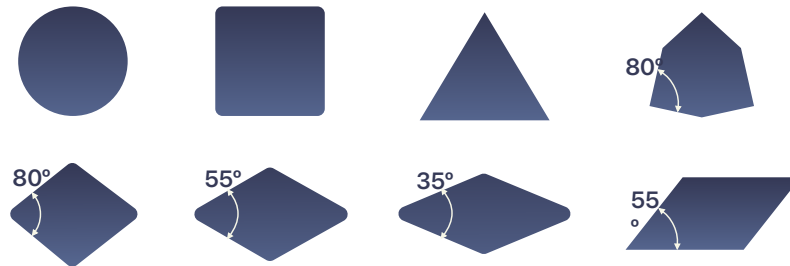


Figura 29: Iconos que definen la forma de la plaquita y el ángulo E

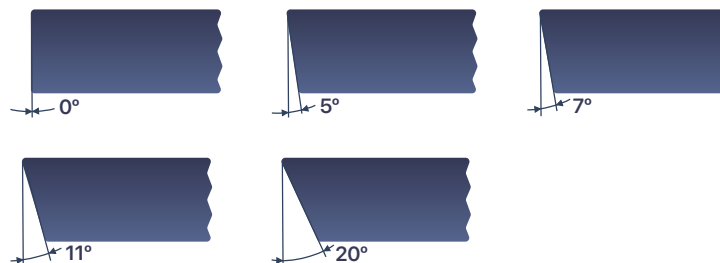


Figura 30: Iconos que definen el ángulo de incidencia en filo de corte principal



Figura 31: Iconos que definen el tipo de plaquita

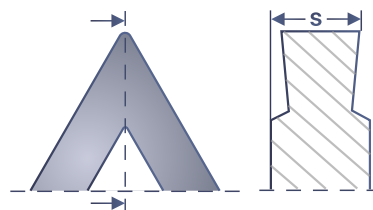


Figura 32: Iconos que definen como establecer el espesor de la plaquita

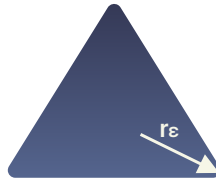


Figura 33: Icono que define como establecer el radio de punta



Figura 34: Iconos que definen el tipo de arista de corte

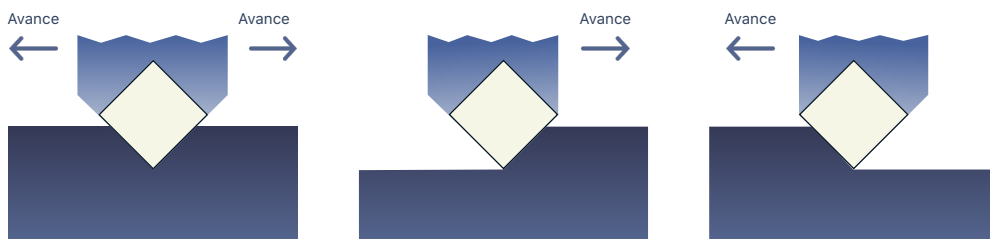


Figura 35: Iconos que definen la dirección del avance

La Figura 36 muestra las imágenes diseñadas para el reconocimiento de las herramientas mediante el uso de la realidad aumentada.



Figura 36: Iconos reconocidos por la realidad aumentada

La Figura 37 muestra una serie de iconos empleados a lo largo de la aplicación. Estos iconos han sido obtenidos de la herramienta Icons8 [53]. Se trata de una librería de recursos que te permite personalizar y descargar infinidad de iconos de manera gratuita.

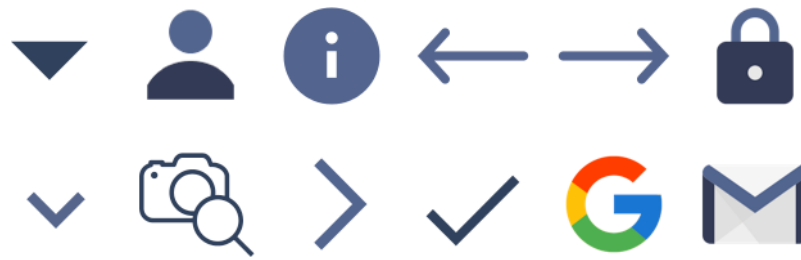


Figura 37: Iconos obtenidos y diseñados mediante Icons8 [53]

La Figura 38 muestra el logotipo de la Universidad Carlos III de Madrid [54], que será empleado en la primera pantalla que se exhibe.



Figura 38: Logotipo de la Universidad Carlos III de Madrid [54]

3.5. TABLAS EXTERNAS

Otra forma de comunicación entre el sistema y el usuario es mediante la navegación a páginas web externas a la aplicación. Esta forma de comunicación se usa cuando la información que se quiere mostrar es muy amplia como para ser mostrada en una vista de la aplicación. Este es el caso de dos características que definen cada herramienta de torno, y son la tolerancia y el tamaño de la plaquita. Son características que dependen de diversos factores. Debido a esto, se han diseñado dos tablas que ayudan al usuario a elegir la característica correspondiente a su herramienta.

Las Tablas 2 y 3 muestran una manera visual de elegir la tolerancia y el tamaño de la plaquita respectivamente.


Tolerancias \pm en s y IC		
Tipo	s	IC
G	$\pm 0,13$	$\pm 0,025$
M		$\pm 0,05 - \pm 0,15$
U		$\pm 0,08 - \pm 0,25$
		
Circulo inscrito IC mm	Tipo de tolerancia	
	M	U
3,97	$\pm 0,05$	$\pm 0,08$
5,0		
5,56		
6,0		
6,35		
8,0		
9,525	$\pm 0,08$	$\pm 0,13$
10,0		
12,0		
12,7		
15,875		
16,0	$\pm 0,10$	$\pm 0,18$
19,05		
20,0		
25,0		
25,4		
31,75	$\pm 0,15$	$\pm 0,25$
32		

Tabla 2: Tabla de apoyo para la selección de la tolerancia






Tamaño de plaquita = longitud de arista de corte, 1 mm									
IC mm	IC inch	C	D	R	S	T	V	W	K
3,97	5,32"								
5,0				05		06			
5,56	7/32"					09			
6,0			06						
6,35	1/4"	06	07			11	11		
8,0				08					
9,0				09					
9,525	3/8"	09	11	09	09	16	16		
10,0				10					
12,0				12					
12,7	1/2"	12	15	12	12	22	22	08	
15,875	5/8"	16		15	15	27			
16,0				16					16
19,05	3/4"	19		19	19	33			
20,0				20					
25,0				25	25				
25,4	1"	25		25					
31,75				31					
32				32					

Tabla 3: Tabla de apoyo para la selección del tamaño de plaquita

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA APLICACIÓN

En este capítulo de la memoria se va a llevar a cabo una descripción de los aspectos técnicos más importantes que envuelven al sistema: los servicios administrados mediante Firebase, y el flujo de las clases de registro y de autenticación, del menú principal de herramientas, de la de agregación de herramientas y de la realidad aumentada.

4.1. FIREBASE

Tal y como se ha descrito en el apartado 2.5.4 de la memoria, la herramienta que se ha utilizado en la aplicación para el tratamiento de los servicios, es decir, para la autenticación y la creación de la base de datos, es Firebase. En los siguientes apartados se va a mostrar la base de datos creada, así como la manera en la que se utiliza dentro de la aplicación. A su vez, se va a mostrar la manera en la que se controla la autenticación del usuario a lo largo de todo el sistema junto con el control de errores.

4.1.1. BASE DE DATOS

En este apartado, se va a mostrar la estructura que tiene la base de datos creada. Dicha base de datos incluye tanto el conjunto de todos los usuarios, las herramientas de cada usuario y las características de cada herramienta. En la *Figura 39* se puede ver dicha base de datos. La base de datos está escrita en inglés como idioma internacional del desarrollo, de manera que haya un mejor entendimiento entre desarrolladores.

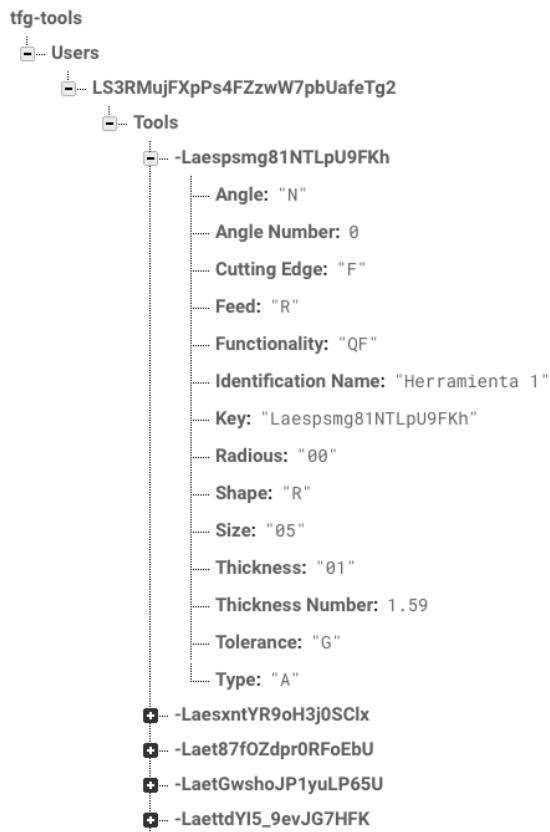


Figura 39: Base de datos de Turning Tools

A continuación, se muestra el significado y la utilidad de cada uno de los campos de la primera herramienta del primer usuario, que se muestra desplegado en la *Figura 39*.

- **tfg-tools:** da nombre a la base de datos y sirve de comienzo.
- **Users:** del inglés usuarios. Término que denomina la rama de los usuarios.
- **LS3RMujFXpPs4FZzwW7pbUafeTg2:** se trata de una serie de dígitos creados por Firebase de manera automática, el cual identifica a cada uno de los usuarios.
- **Tools:** del inglés herramientas. Término que denomina la rama de las herramientas dentro de cada uno de los usuarios.
- **-Laespsmg81NTLpU9FKh:** de la misma manera que anteriormente, se trata de una serie de dígitos creados de manera automática, el cual identifica a cada una de las herramientas del usuario.
- **Angle:** del inglés ángulo. Letra identificativa del ángulo de la herramienta.
- **Angle Number:** del inglés número del ángulo. Número que hace referencia al ángulo de la herramienta. Se utiliza para ordenar las herramientas por la magnitud del ángulo cuando el usuario lo desee.
- **Cutting Edge:** del inglés arista de corte. Letra identificativa de la forma de la arista de corte de la herramienta.
- **Feed:** del inglés avance. Letra identificativa del tipo de avance de la herramienta.

- **Functionality:** del inglés funcionalidad. Letra identificativa de la funcionalidad de la herramienta.
- **Identification Name:** del inglés nombre identificativo. Nombre que le da el usuario a cada herramienta.
- **Key:** del inglés clave. Se trata del campo que contiene la serie de dígitos que identifica a cada una de las herramientas. Este campo se usa en la aplicación cuando el usuario desea eliminar una herramienta. De modo que se pueda buscar fácilmente la herramienta entre todas las que haya, se almacena su “nombre” para después poder eliminarla.
- **Radius:** del inglés radio. Se trata del número identificativo del radio de la herramienta. Para poder ordenar las herramientas en función del radio, no es necesario crear otro campo para guardar sólo el número debido a que este campo no contiene letras, sólo números. Por ello, este campo se utiliza para ordenar las herramientas en función del radio.
- **Shape:** del inglés forma. Letra identificativa de la forma de la herramienta.
- **Size:** del inglés tamaño. Número identificativo que hace referencia al tamaño de la plaquita.
- **Thickness:** del inglés espesor. Dígitos identificativos del espesor de la herramienta.
- **Thickness Number:** del inglés número del espesor. Debido a que el campo “Thickness” no hace referencia directa al espesor de la herramienta, sino que son simplemente unos números identificativos, se guarda en este campo el espesor en milímetros para que luego pueda ser ordenado fácilmente si el usuario lo desea.
- **Tolerance:** del inglés tolerancia. Letra que hace referencia a la tolerancia de la herramienta.
- **Type:** del inglés tipo. Letra que identifica el tipo de plaquita.

Los campos que se ven a continuación de “Type” son simplemente el resto de las herramientas que tiene dicho usuario.

4.1.2. AUTENTIFICACIÓN

En cuanto a la parte de autenticación, Firebase permite que los desarrolladores configuren su sistema para que los usuarios accedan a la aplicación por varios métodos [55]:

- Autenticación basada en correo electrónico y contraseña.

- Autenticación con proveedores de identidad federada: Google, Facebook, Twitter o GitHub.
- Autenticación con número de teléfono.
- Autenticación anónima.

En el caso de esta aplicación, se han empleado los métodos de autenticación por correo electrónico y contraseña, y con cuenta de Google. En la *Figura 40* se muestra la tabla de usuarios generada por Firebase según se van añadiendo a la aplicación.

Identificador ↓	Proveedores	Fecha de creación	Inicio de sesión	UID de usuario ↑
sergiyague.sy@gmail.com		5 feb. 2019	29 may. 2019	LS3RMujFXpPs4FZzwW7pbUafeTg2
100346640@alumnos.uc3m....		6 feb. 2019	6 mar. 2019	QID8y1iWqcUYipMCiA9LmomlSzt2
sergio@gmail.com		22 may. 2019	22 may. 2019	kfwWYrZ3ytcARZvhldCgVq7byMJ2

Figura 40: Conjunto de usuarios de la aplicación en la herramienta Firebase

La *Figura 40* muestra varios datos de gran importancia:

- **Identificador:** se trata del correo electrónico con el que se ha identificado el usuario.
- **Proveedores:** forma en la que se ha creado dicha cuenta de usuario, es decir, mediante su cuenta de Google o mediante su propio correo electrónico.
- **Fecha de creación:** fecha en la que se ha creado dicha cuenta.
- **Inicio de sesión:** fecha del último inicio de sesión.
- **UID de usuario:** conjunto de dígitos creados por Firebase de manera automática, que identifican a cada uno de los usuarios. A su vez, este UID de usuario se usa en la base de datos, tal y como se puede ver en la *Figura 39*.

4.2. CLASES DE REGISTRO Y AUTENTIFICACIÓN

En la *Figura 41* se muestra un diagrama con el flujo que sigue todo el proceso de autenticación y registro hasta el acceso a la aplicación.

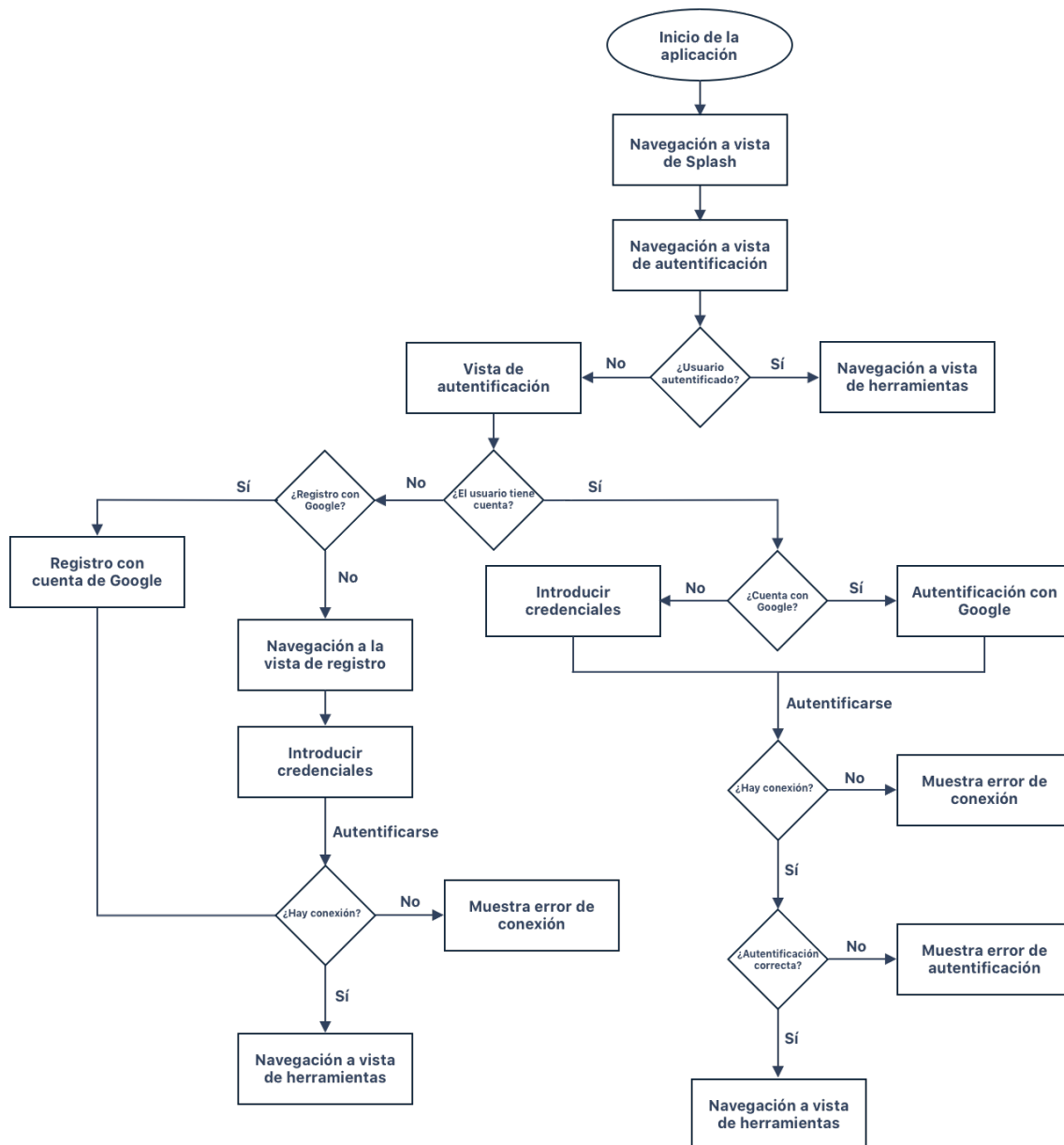


Figura 41: Diagrama de flujo de las clases de registro y autenticación

Lo primero que aparece en la aplicación, nada más iniciarla, es una vista llamada *Splash*. Se trata de una vista inicial que aparece cuando se inicia la aplicación y que permanece en la pantalla hasta que el sistema termina de cargar todo lo necesario para el comienzo de la aplicación. A continuación, se navega a la vista de autenticación. Desde aquí, el sistema comprueba si el usuario ya está autenticado o no, y en caso de que sí que lo esté, navega directamente a la vista de herramientas.

En el caso de que el usuario no está autenticado todavía, si el usuario tiene cuenta, procede a introducirla en los campos de correo electrónico y contraseña o accede mediante su cuenta de Google. Una vez el usuario se autentifica, el sistema comprueba si hay conexión y si la autenticación ha sido correcta. En el caso de que alguna de

estas dos cosas falle, se muestra un aviso en pantalla con el error correspondiente. En cambio, si todo es correcto, se navega a la vista de herramientas.

Si el usuario no tiene cuenta, debe proceder a registrarse. En este caso puede decidir si registrarse usando su cuenta de Google o usando un correo electrónico personal y una nueva contraseña. Si lo decide hacer mediante una cuenta de correo electrónico, debe navegar a la vista de registro, en la que debe introducir las credenciales, y si tanto la conexión como el registro son correctos, se navega a la vista de herramientas. En caso contrario, se mostraría un aviso en la pantalla con el error correspondiente.

4.3. CLASES DEL MENÚ PRINCIPAL DE HERRAMIENTAS

En la *Figura 42* se muestra el diagrama de flujo que sigue la vista de herramientas y todo lo que está conectada con ella.

Nada más navegar a la vista de herramientas, se obtienen del servicio todas las herramientas guardadas previamente por el usuario. En caso de que no haya conexión, se muestra un aviso en la pantalla con el error. Si se obtienen de manera correcta, desde esta vista se puede navegar a cualquiera de las otras dos vistas principales mediante una barra de navegación inferior: vista de añadir herramientas y vista de asistencia mediante la realidad aumentada.

En el caso de que el usuario desee quedarse en la vista de herramientas, tiene la posibilidad de ordenarlas según el campo que desee. A su vez, también puede navegar a las vistas de detalle y documento de la herramienta.

En la vista de detalle, el usuario tiene la posibilidad de ver todas las características de la herramienta. Después de ello, puede eliminar la herramienta en función de si hay conexión o no, o puede volver a atrás directamente. En cambio, en la vista de documento, puede compartir el documento para utilizarlo después en el asistente de realidad aumentada o puede volver atrás a la vista de herramientas.

A su vez, en la vista de herramientas, también existe la posibilidad de cerrar sesión. De esta manera, se navegaría a la vista de autenticación.

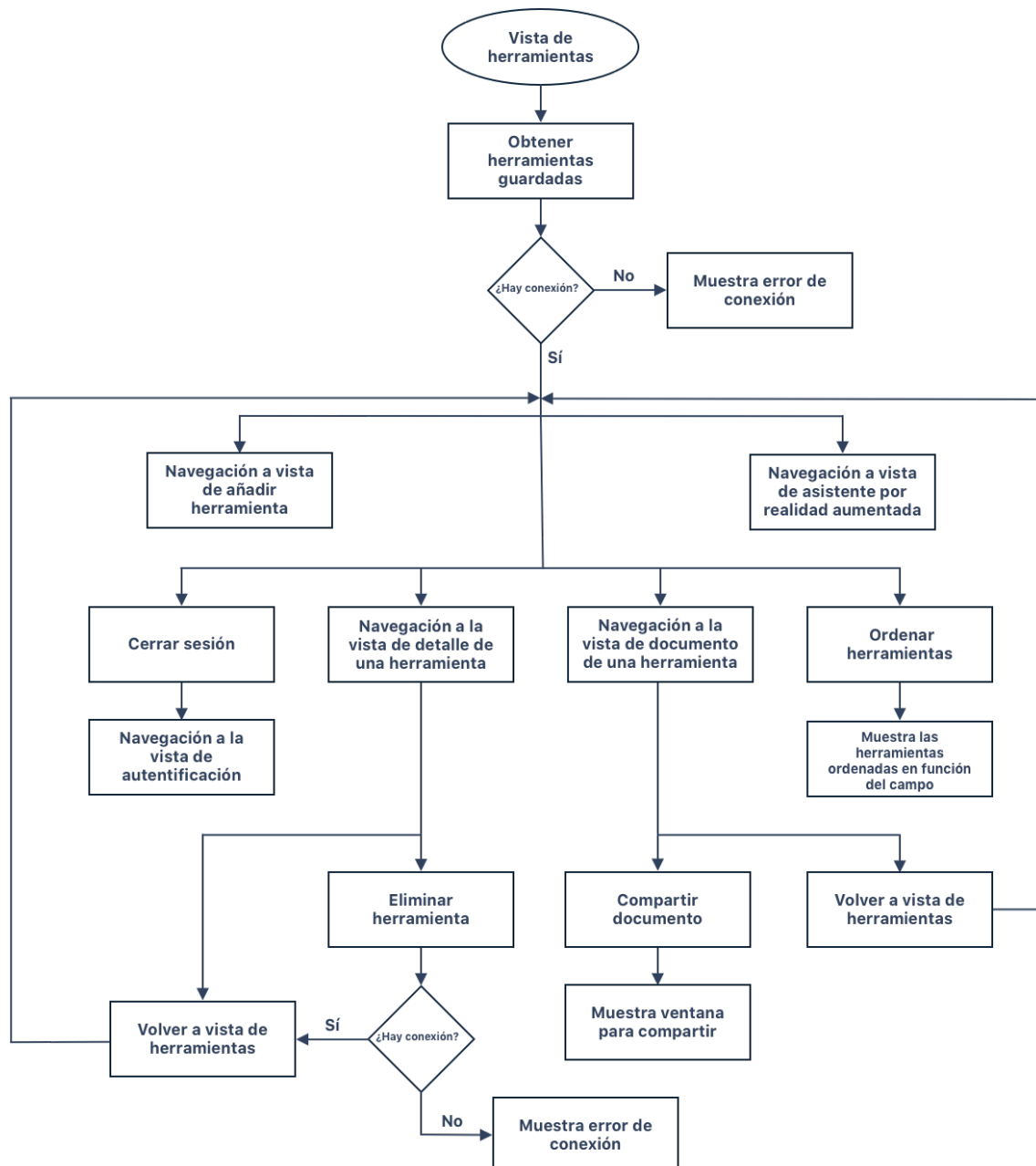


Figura 42: Diagrama de flujo de las clases de herramientas

4.4. CLASES DE AGREGACIÓN DE HERRAMIENTAS

En la *Figura 43* se muestra el diagrama de flujo que siguen las vistas relacionadas con agregar herramientas.

De la misma manera que en el apartado anterior, desde esta vista se puede navegar a las otras dos vistas principales mediante una barra de navegación inferior. Lo primero que elige el usuario es si desea agregar la herramienta de manera manual o por pasos.

Una vez haya hecho la elección, deberá completar todos los campos o pasos. Cuando presione el botón de añadir, si todos los campos o pasos están completos y no hay

problemas de conexión, se añade la herramienta a la base de datos y se pasa a la pantalla de confirmación, desde la que se navega de vuelta a la vista principal de agregar herramientas. Desde cualquiera de los métodos se puede pulsar un botón de cancelar mediante el cual se vuelve a la vista principal.

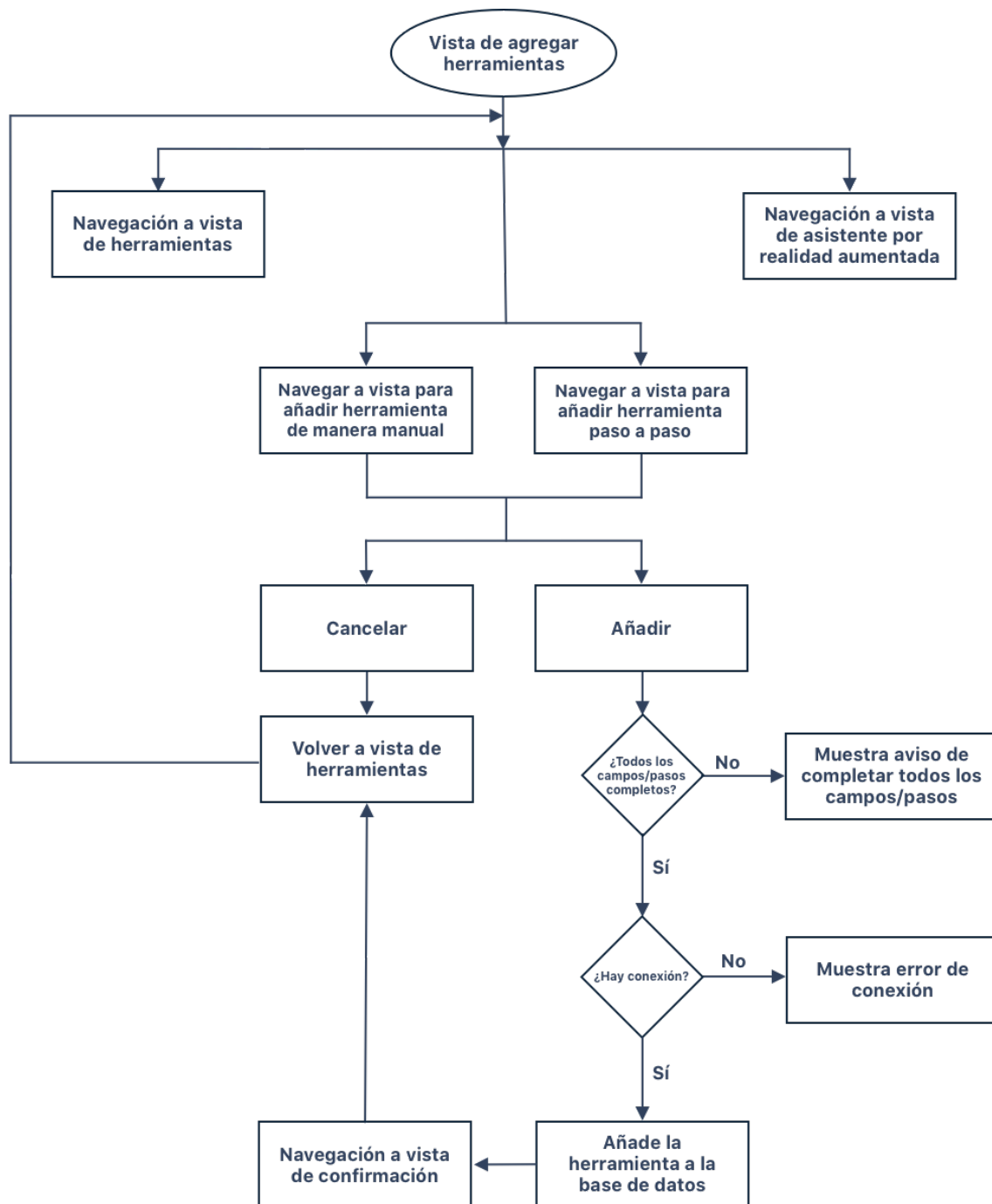


Figura 43: Diagrama de flujo de las clases de agregar herramientas

4.5. CLASE DE REALIDAD AUMENTADA

En la *Figura 44* se muestra el diagrama de flujo que sigue la vista de asistencia mediante la realidad aumentada.

Una vez se está en la vista de realidad aumentada, se solicita permiso para utilizar la cámara. A continuación, se obtienen las herramientas guardadas por el usuario del servicio. En caso de que no haya conexión se muestra un error.

De la misma manera que en los dos apartados anteriores, se tiene la posibilidad de navegar a las vistas principales con el menú inferior.

La realidad aumentada busca constantemente herramientas en su campo visual, una vez ha encontrado alguna, se muestra una pantalla sobre la herramienta con sus características.

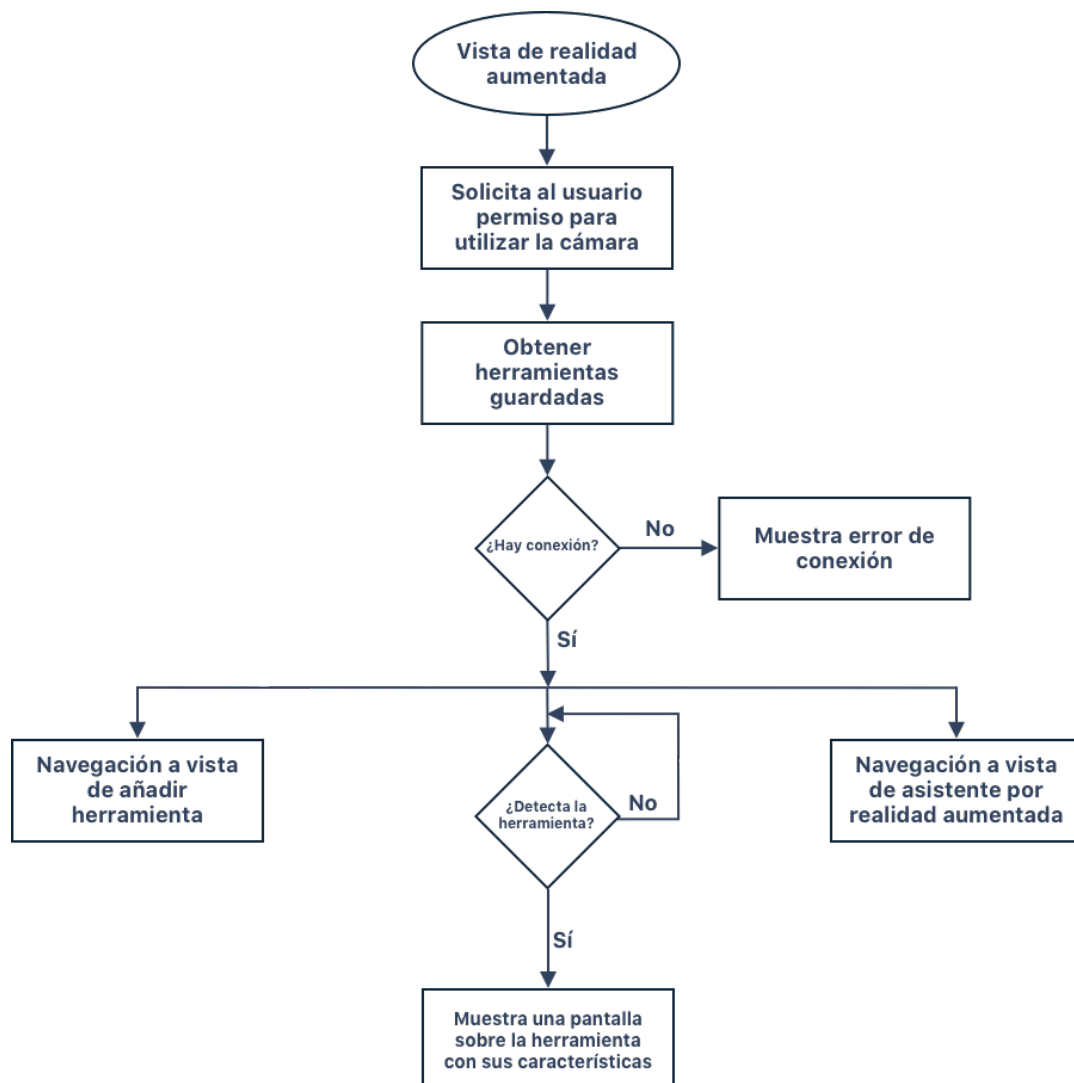


Figura 44: Diagrama de flujo de la clase de realidad aumentada

CAPÍTULO 5. MANUAL DE USUARIO

En este capítulo de la memoria se van a mostrar todas las vistas que pueden encontrarse a lo largo de la aplicación, incluyendo situaciones de errores y avisos, llamadas a Firebase y una prueba de la herramienta de realidad aumentada. La *Figura 45* muestra la aplicación en el menú principal del terminal.

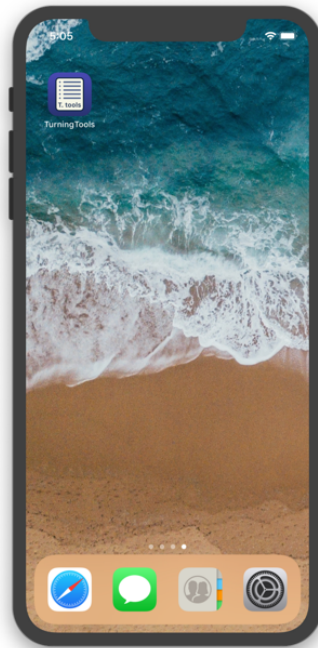


Figura 45: Aplicación Turning Tools en el menú principal de un iPhone

5.1. AUTENTIFICACIÓN Y REGISTRO

Una vez se pulsa la aplicación, lo primero que aparece es la pantalla de *Splash* mencionada anteriormente, y que permanece en pantalla hasta que el terminal carga lo necesario para mostrar la aplicación. Esta pantalla se puede ver en la *Figura 46*.



Figura 46: Pantalla de Splash

En la Figura 46 se ha incluido el grado en el que he formado parte, el logotipo de la Universidad Carlos III de Madrid y mi nombre.

- **Autenticación**

En la Figura 47 se pueden observar las pantallas correspondientes a la parte de autenticación.

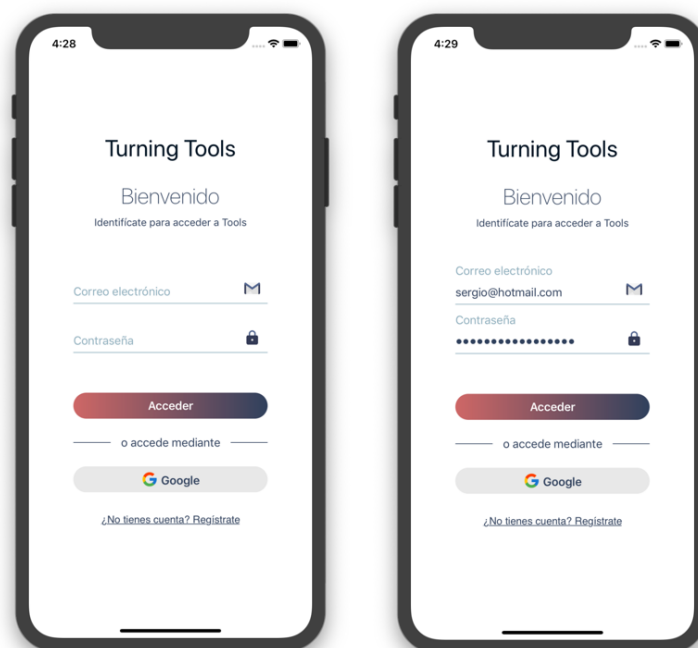


Figura 47: Pantalla de autenticación rellena y sin rellenar

En la *Figura 48* se muestran los dos errores que podemos obtener: error de conexión y de autenticación.

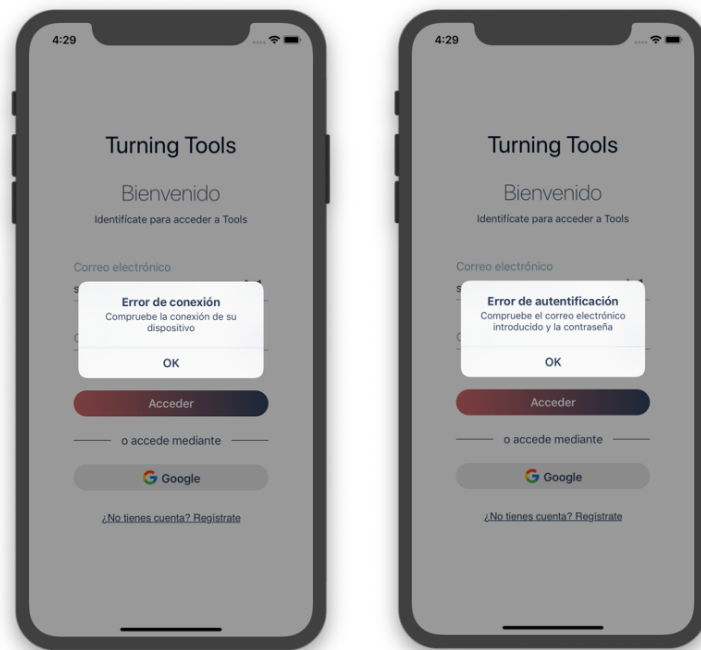


Figura 48: Errores posibles en la pantalla de autenticación

La *Figura 49* muestra las llamadas al servicio de Firebase para la autenticación. Se puede observar la petición de navegar a la web de Google para introducir las credenciales, y la web a la que se navega para poder acceder.

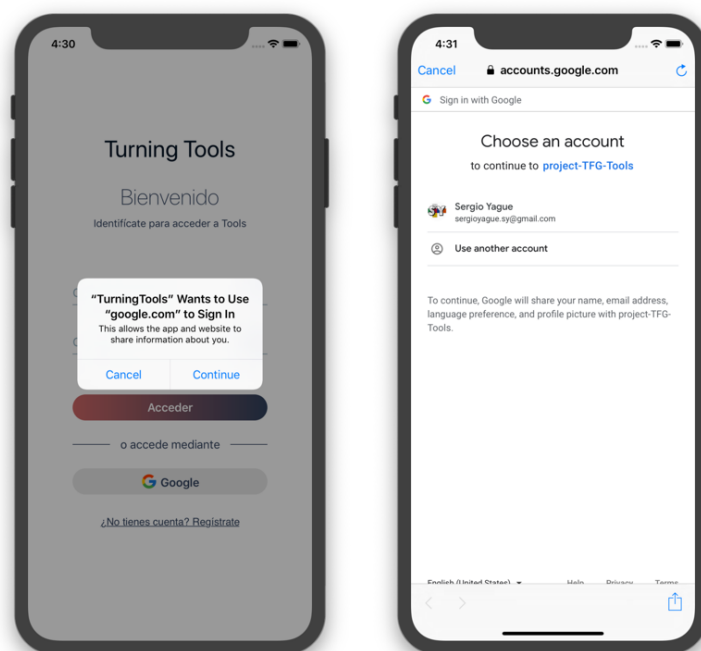


Figura 49: Pantallas de autenticación mediante Firebase

- **Registro**

Por otra parte, cuando el usuario no tiene una cuenta registrada, tiene la posibilidad de crear una nueva mediante su correo electrónico personal, tal y como se muestra en la *Figura 50*, o mediante Firebase, que se haría como en la *Figura 49*.

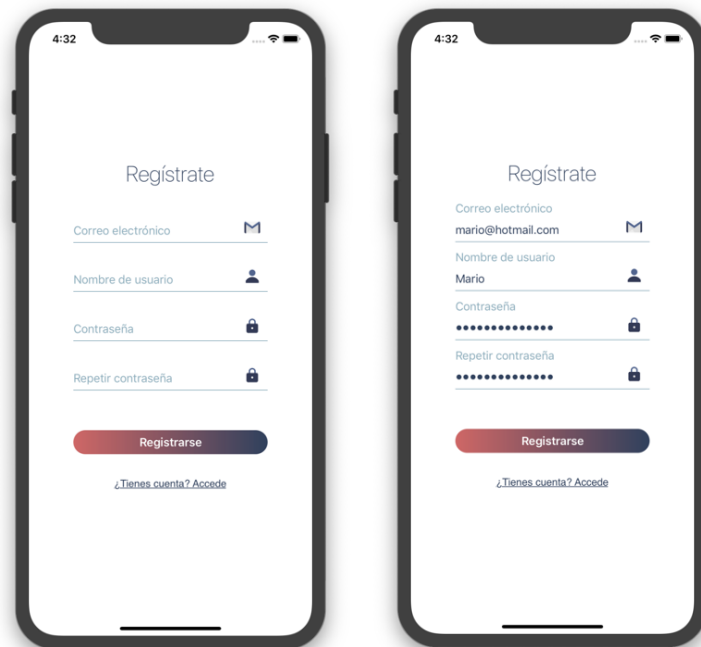


Figura 50: Pantallas de registro rellenas y sin rellanar

5.2. MENÚ DE HERRAMIENTAS

El menú de herramientas, así como la opción de ordenar las herramientas y de cerrar sesión se pueden observar en la *Figura 51*. Por cada una de las herramientas, se muestra el nombre identificativo, la forma de esta mediante un pequeño icono a la izquierda del nombre, el código ISO y el radio de punta.

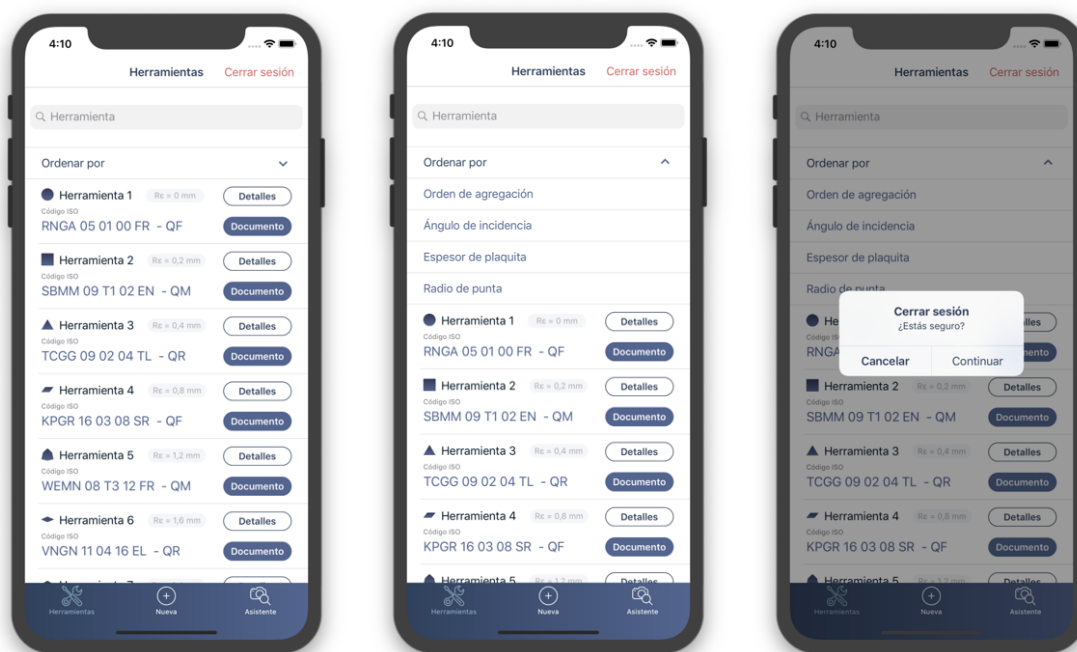


Figura 51: Pantalla de menú de herramientas con sus posibles situaciones

Si se presiona sobre el botón de detalles, se navega a la pantalla de detalles de la herramienta, que se puede ver en la Figura 52, junto con el aviso que aparece al pulsar la opción de eliminar la herramienta.

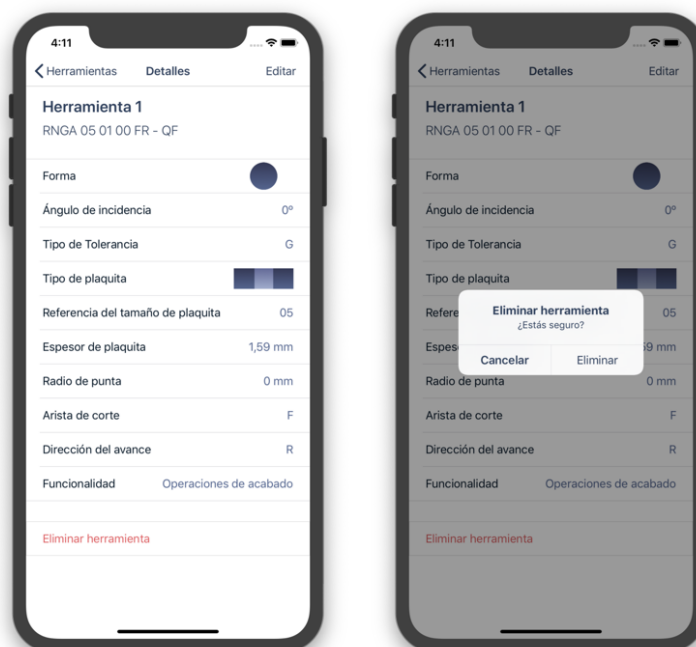


Figura 52: Pantalla de detalles de la herramienta con la opción de eliminarla

En cambio, si se pulsa el botón de documento, se navega a la vista en la que se crea el documento y que permite compartirlo para poder imprimir y colocar en la herramienta,

para que sea detectado más adelante por la realidad aumentada. En la *Figura 53* se muestra dicha vista con la opción de compartir.



Figura 53: Pantalla de documento de la herramienta con la opción de compartir

5.3. AGREGACIÓN DE HERRAMIENTAS

Existen dos métodos para agregar herramientas: manual y por pasos. En la *Figura 54*, se muestra la pantalla de elección del método a seguir.

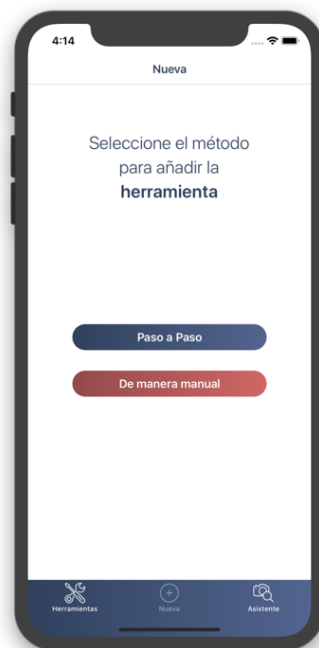


Figura 54: Pantalla de selección del método para agregar herramienta

- **Manual**

La *Figura 55* muestra la pantalla para agregar la herramienta de manera manual sin rellenar, rellena y con el error de no haber completado todos los campos. El usuario debe rellenar el nombre de la herramienta y completar cada uno de los campos mediante el selector situado en la parte inferior.

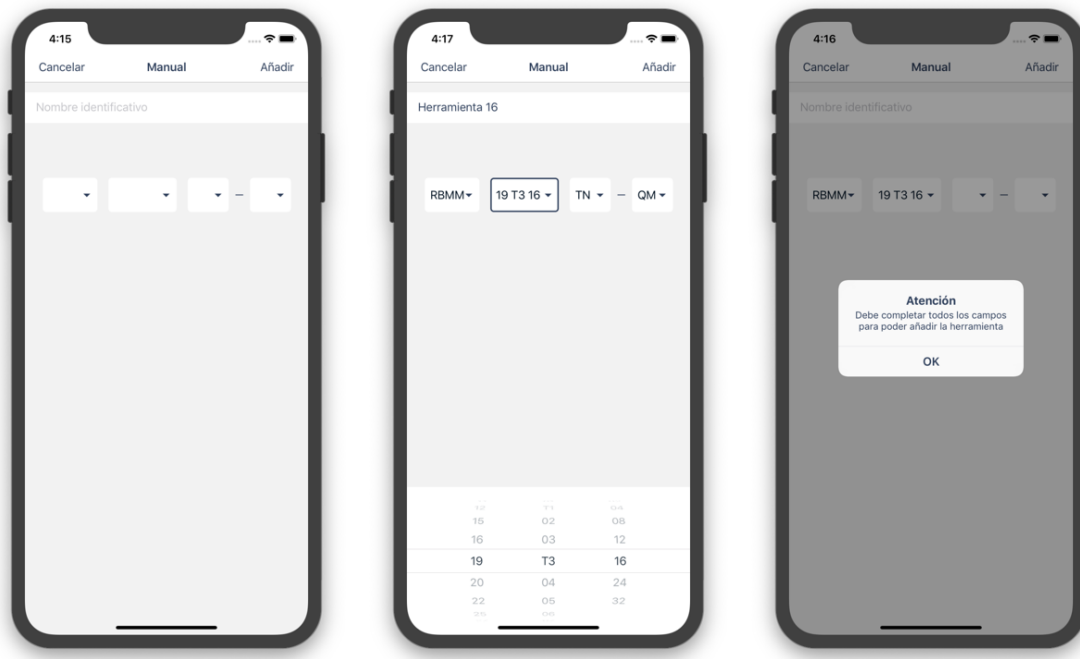


Figura 55: Pantalla de agregación manual con sus posibles situaciones

- **Paso a paso**

En la *Figura 56* se puede observar la pantalla para añadir la herramienta por pasos sin rellenar, rellena y con el error de no haber completado todos los pasos. En este caso, el usuario debe hacer lo mismo que en el método manual, excepto que en vez de tener que rellenar campos, debe completar cada una de las características de la herramienta.

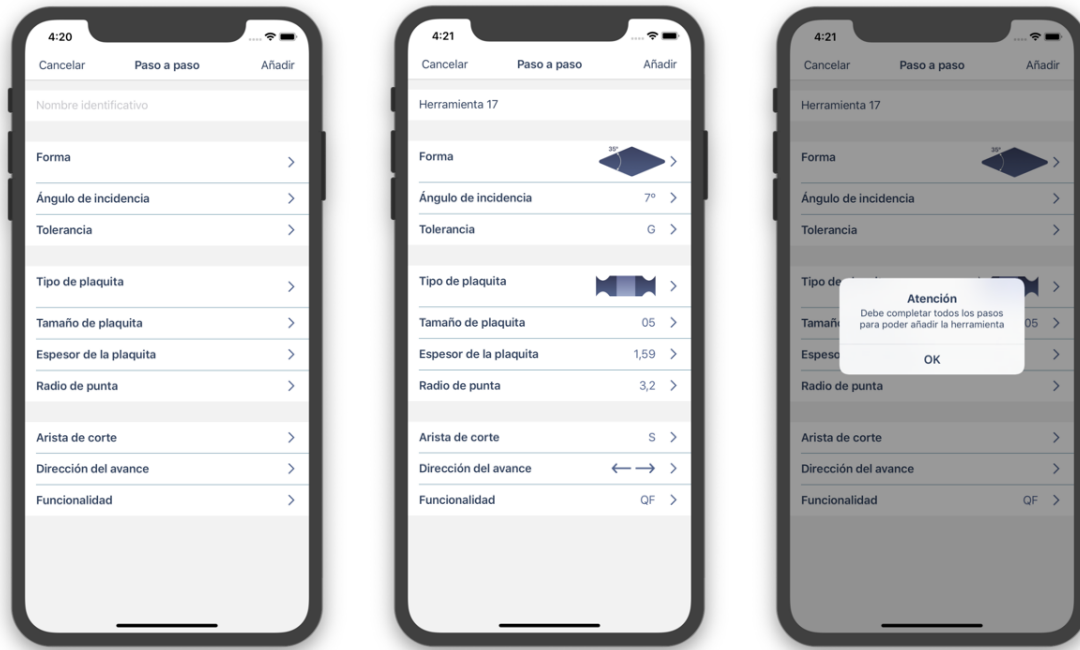
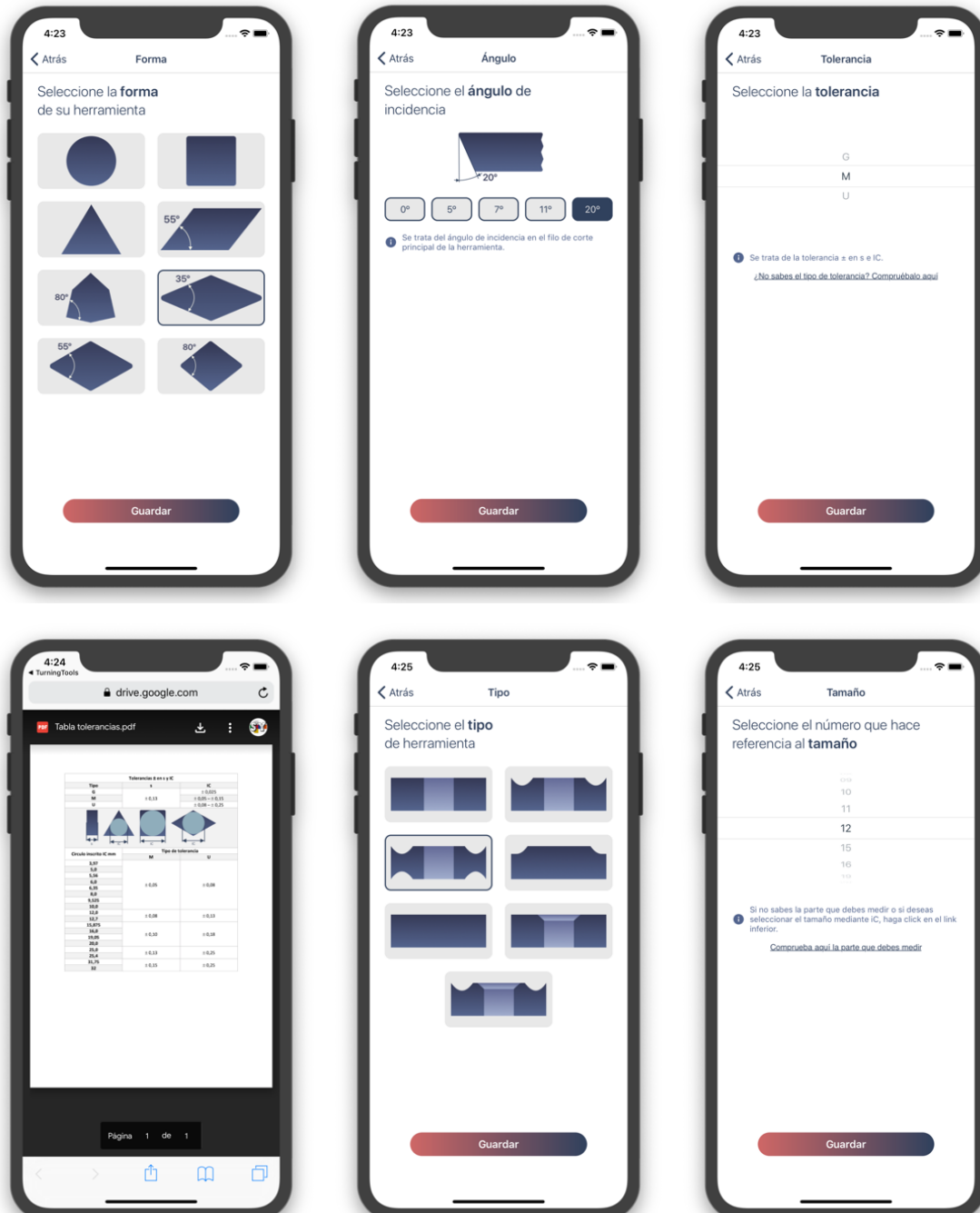


Figura 56: Pantalla de agregación por pasos con sus posibles situaciones

En la Figura 57 se muestran todos los pasos que debe completar el usuario para agregar una herramienta. Se trata de pantallas en las que el usuario tiene que seleccionar las características de la herramienta. Para la elección de dichas características se proporcionan listas, botones de selección o listas de selectores. En el caso de la pantalla de tolerancia y del tamaño, debido a que las pantallas no son lo suficientemente explicativas, se proporciona en cada una de ellas un botón que hace navegar a enlaces web en los que se muestran las *Tablas 2* y *3* respectivamente. Ambas pantallas con su navegación se muestran también en la *Figura 57*.



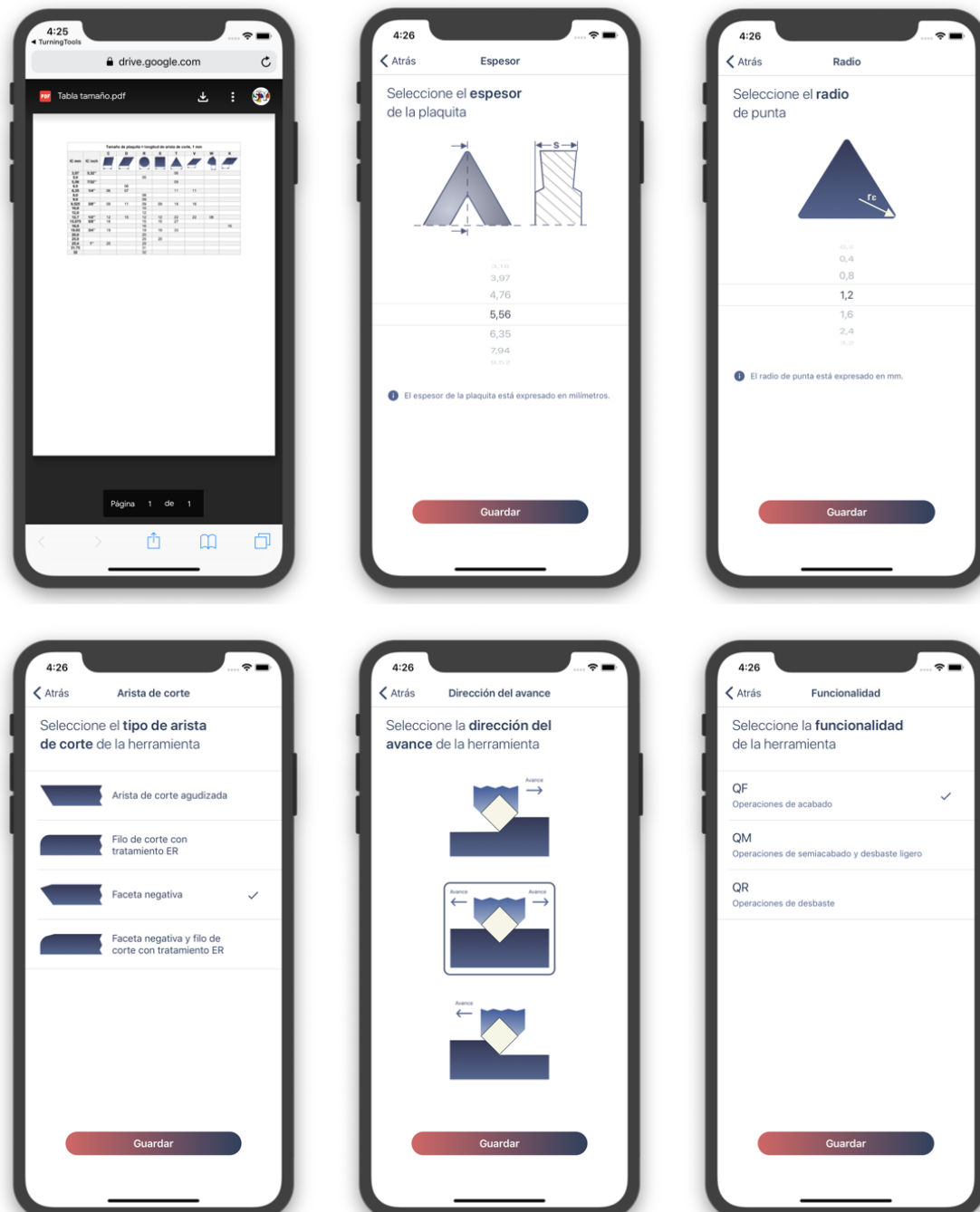


Figura 57: Pantallas con los pasos para definir la herramienta y enlaces web necesarios

5.4. ASISTENTE CON REALIDAD AUMENTADA

En la pantalla de asistencia mediante realidad aumentada en la que se le solicita al usuario permiso para utilizar la cámara, tal y como se muestra en la *Figura 58*.



Figura 58: Pantalla de realidad aumentada solicitando permiso para usar la cámara

Una vez se le ha dado permiso al dispositivo, si se apunta con la cámara hacia uno de los documentos proporcionados en la pantalla de documento, tarda muy poco tiempo en mostrar la información de la herramienta en cuestión. En la Figura 59 se muestran ambas situaciones: primero cuando no encuentra la herramienta y después cuando sí.



Figura 59: Pantalla de realidad aumentada con herramienta encontrada y sin encontrar

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN

En este apartado de la memoria, se va a llevar a cabo la evaluación de la aplicación mediante un cuestionario a repartir entre personas de diferentes rangos de edad y con experiencia y conocimientos en diferentes ámbitos.

Dicho cuestionario será principalmente entregado a personas con experiencia en la programación o en el desarrollo de aplicaciones; a personas con experiencia en el mundo industrial, especialmente en el mecanizado de piezas; y a personas que no cuentan con experiencia en ninguna de estas cosas y que simplemente aportarán una opinión general de la aplicación.

6.1. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

El cuestionario será entregado en mano a los diferentes participantes. Contará con once preguntas en las que se deberá marcar con una equis la casilla que se considere. La mayoría de las preguntas contará con la posibilidad de elegir un número del uno al cinco, siendo el uno la puntuación más baja, y el cinco la más alta. La única pregunta en la que no hay que dar una puntuación del uno al cinco es aquella en la que se pregunta sobre la edad. Para poder valorar cada una de las cuestiones, cada participante analizará la aplicación desde un dispositivo real.

Las preguntas cubren todos los campos importantes para su evaluación. Entre ellas se cuestiona el diseño, la funcionalidad y lo sencillo y fácil que es de usar. A su vez, también pregunta sobre el futuro de la aplicación y sobre una opinión global de ella. En la *Tabla 4* se muestra el cuestionario que se ha entregado a los participantes.

Sitúe una X en la casilla que considere. En las preguntas valoradas del 1 al 5, el 1 se considera la peor puntuación, y el 5 la mejor.					
Pregunta 1	¿Qué edad tiene?				
	<18	18-25	25-35	35-50	>50
Pregunta 2	¿Qué conocimiento tiene sobre smartphones?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 3	¿Qué puntuación daría al diseño?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 4	¿Qué puntuación daría en términos de funcionalidad?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 5	¿Cuánto de intuitiva considera que es?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 6	¿Cuánto de sencilla y fácil de usar considera que es?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 7	¿Qué conocimiento posee sobre el desarrollo de aplicaciones?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 8	¿Qué conocimiento posee sobre el mecanizado?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 9	¿Considera que la aplicación está libre de errores o situaciones anómalas?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 10	¿Considera que es una aplicación con futuro?				
	1	2	3	4	5
Pregunta 11	¿Qué puntuación le daría a la aplicación de manera global?				
	1	2	3	4	5

Tabla 4: Cuestionario para la evaluación de la aplicación

6.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

El cuestionario se ha entregado entre cincuenta y dos participantes que han tenido la oportunidad de responder a todas las preguntas. Desde la *Figura 60* a la *70* se muestran los resultados de cada una de las cuestiones.

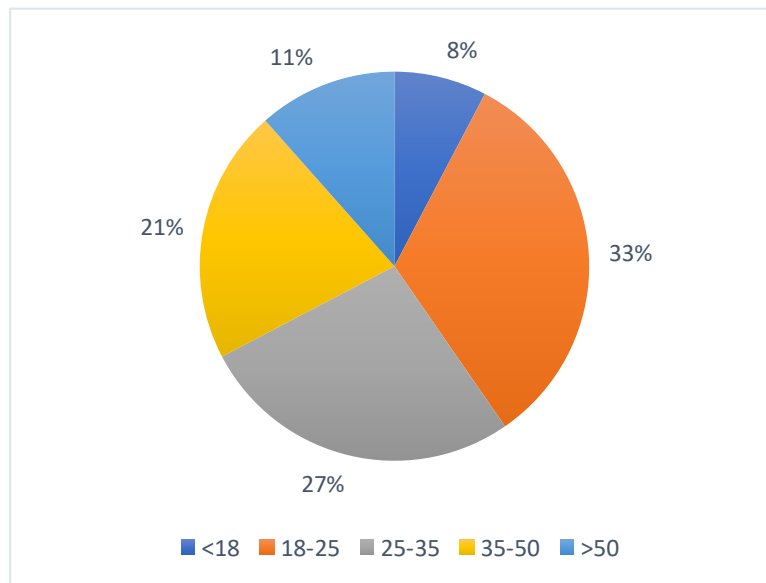
Pregunta 1: ¿Qué edad tiene?

Figura 60: Resultado de la pregunta 1 de la evaluación de la aplicación

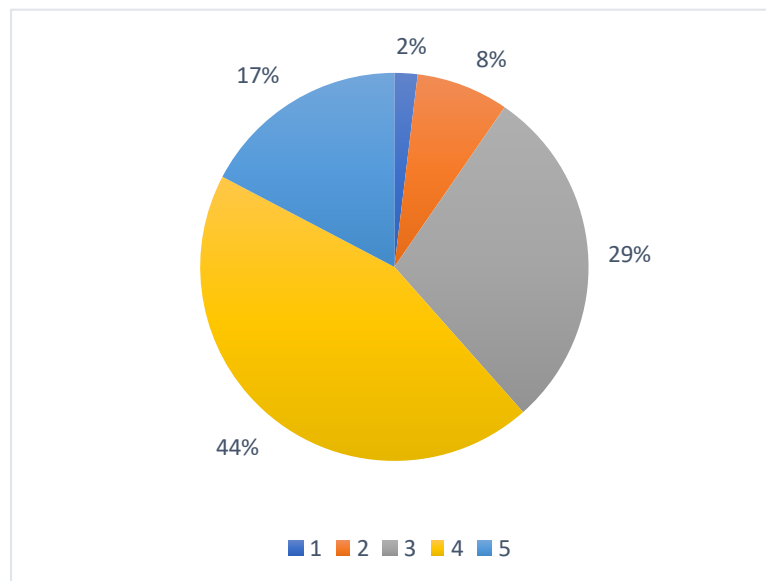
Pregunta 2: ¿Qué conocimiento tiene sobre smartphones?

Figura 61: Resultado de la pregunta 2 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 3: ¿Qué puntuación daría al diseño?

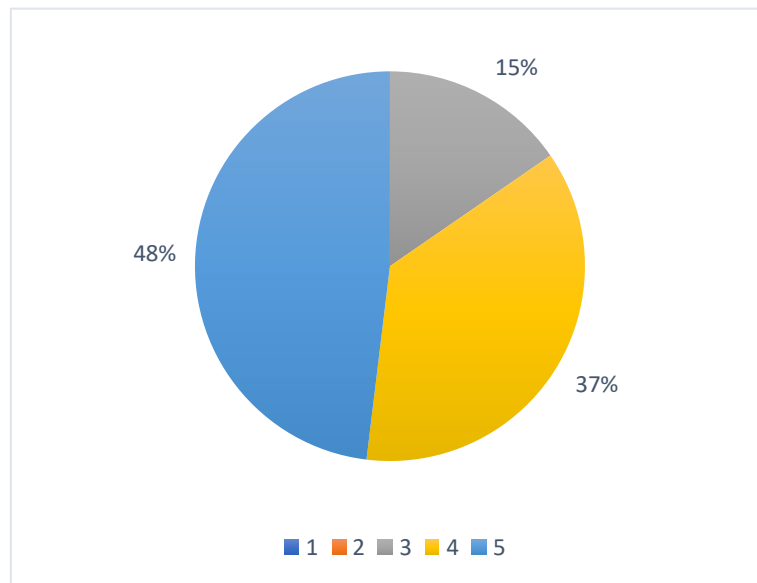


Figura 62: Resultado de la pregunta 3 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 4: ¿Qué puntuación daría en términos de funcionalidad?

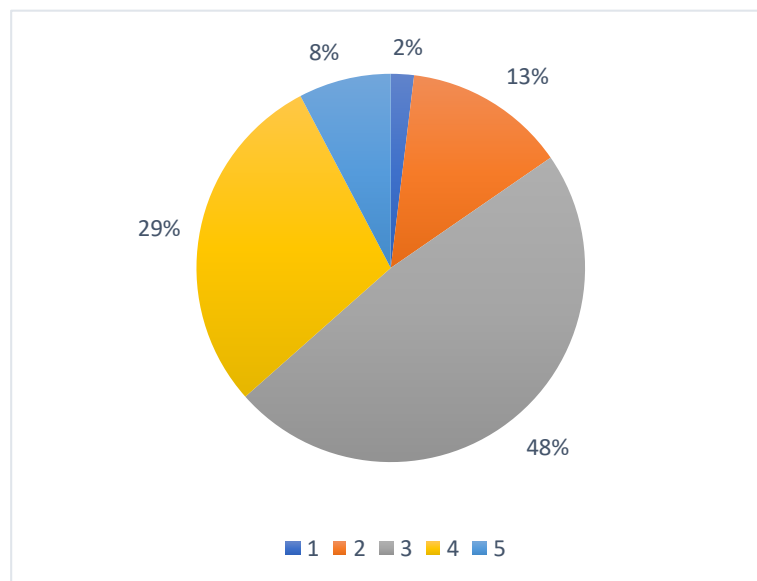


Figura 63: Resultado de la pregunta 4 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 5: ¿Cuánto de intuitiva considera que es?

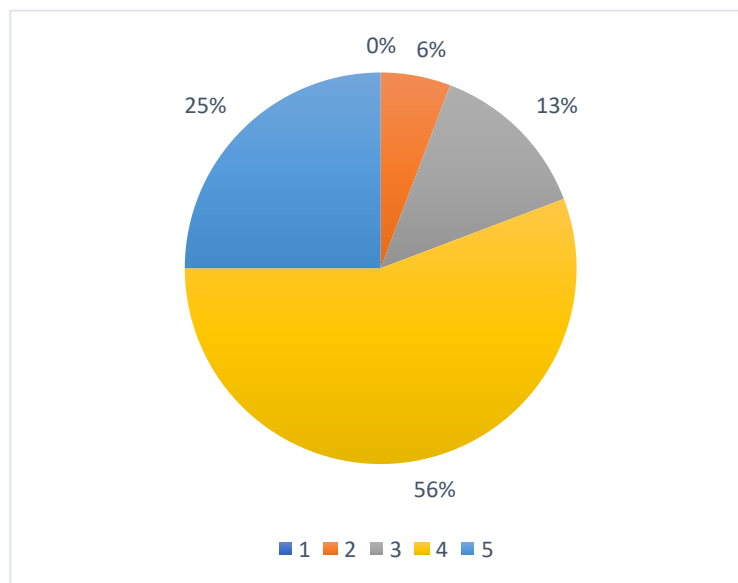


Figura 64: Resultado de la pregunta 5 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 6: ¿Cuánto de sencilla y fácil de usar considera que es?

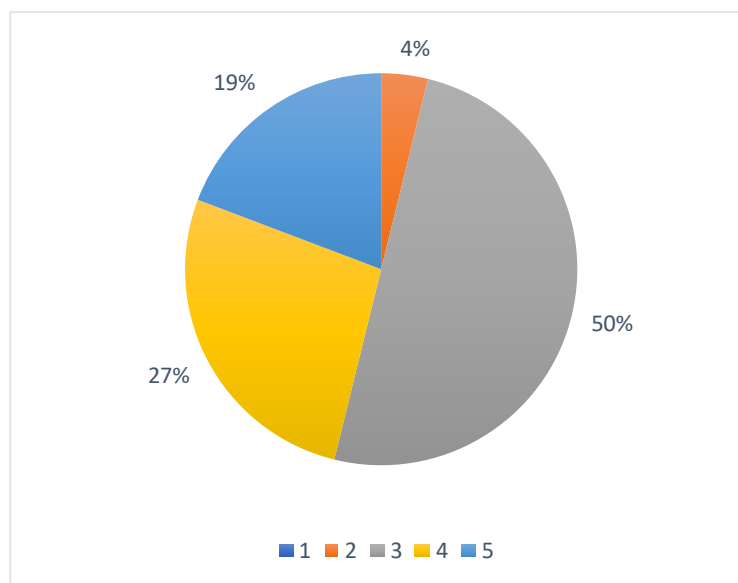


Figura 65: Resultado de la pregunta 6 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 7: ¿Qué conocimiento posee sobre el desarrollo de aplicaciones?

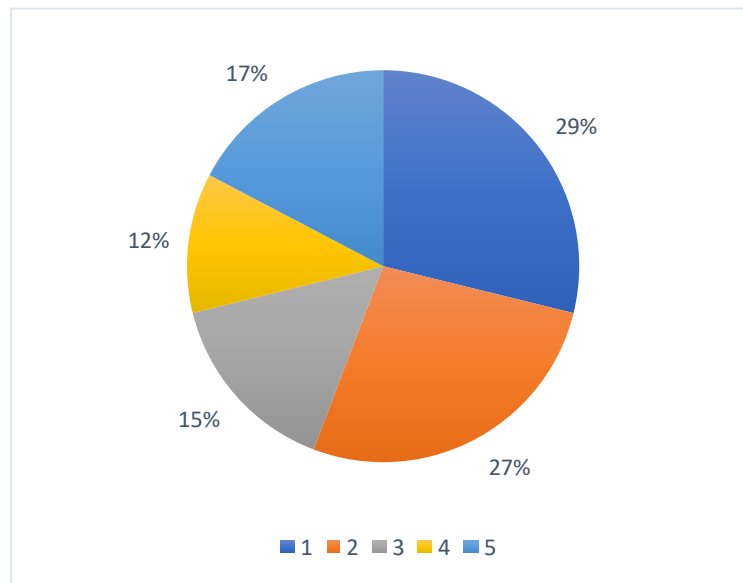


Figura 66: Resultado de la pregunta 7 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 8: ¿Qué conocimiento posee sobre el mecanizado?

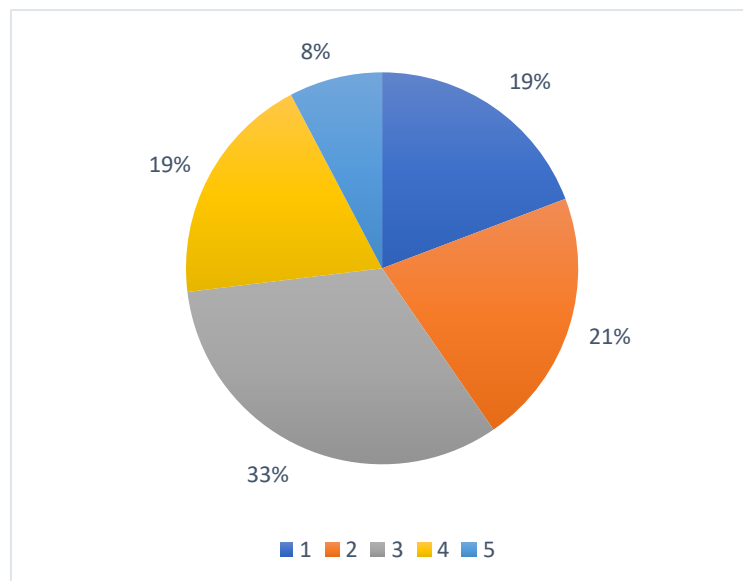


Figura 67: Resultado de la pregunta 8 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 9: ¿Considera que la aplicación está libre de errores o situaciones anómalas?

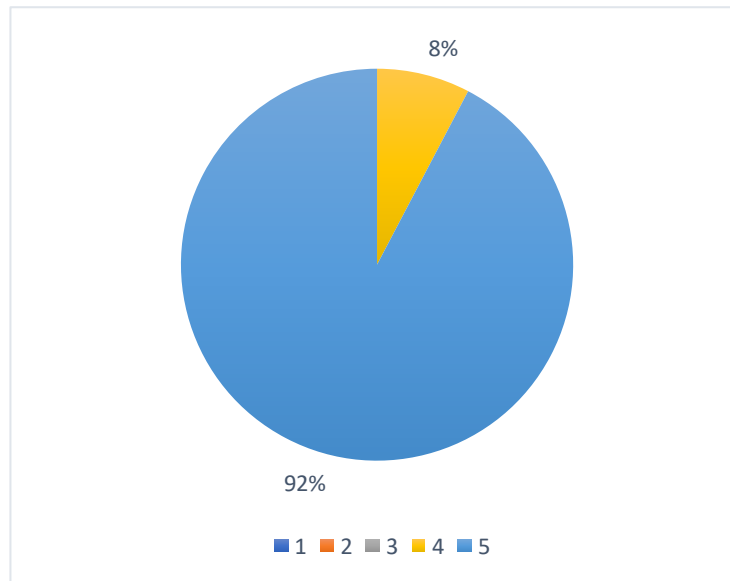


Figura 68: Resultado de la pregunta 9 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 10: ¿Considera que es una aplicación con futuro?

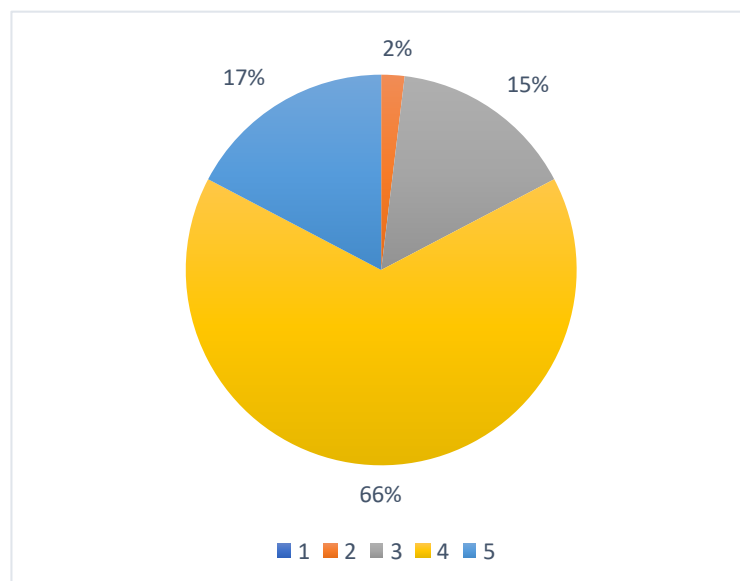


Figura 69: Resultado de la pregunta 10 de la evaluación de la aplicación

Pregunta 11: ¿Qué puntuación le daría a la aplicación de manera global?

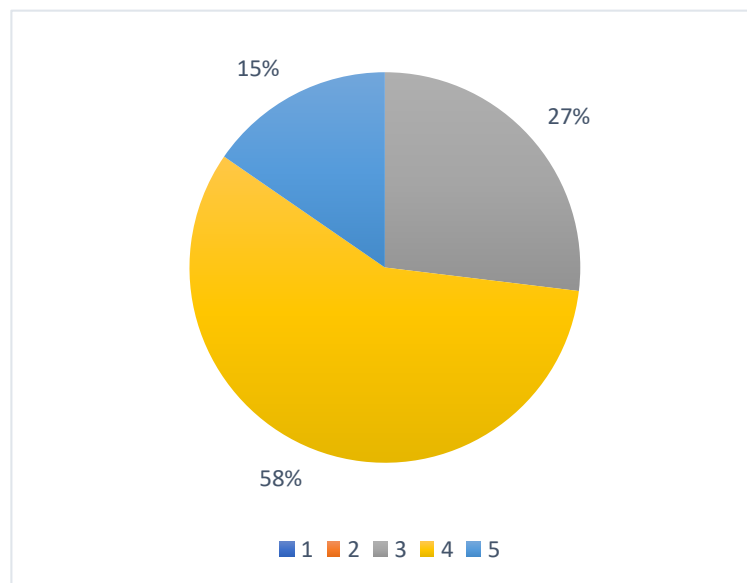


Figura 70: Resultado de la pregunta 11 de la evaluación de la aplicación

En el siguiente apartado de este capítulo se analizarán los resultados obtenidos y se obtendrán las conclusiones.

6.3. CONCLUSIÓN DE LA EVALUACIÓN

Analizando los resultados mostrados en la *Figura 60*, se puede observar que un 68% de los encuestados tiene una edad menor a los treinta y cinco años, por lo que la mayoría son personas que han vivido el cambio tecnológico de los últimos años de manera directa. Esto se ve claramente reflejado en el conocimiento que tienen los encuestados sobre *smartphones*: un 90% considera que tiene un conocimiento superior a tres. Con esto podemos deducir que los participantes nos van a dar una opinión fundamentada gracias a su conocimiento en este ámbito.

El diseño de la aplicación ha obtenido una puntuación muy elevada, con un 0% de puntuaciones que sean uno o dos. Esto refleja el resultado de haber querido desarrollar una aplicación con un diseño profesional e intuitivo. Sin embargo, la funcionalidad no obtiene una puntuación tan elevada, teniendo un 48% de puntuaciones de tres. A pesar de esto, se debe tener en cuenta que estos resultados eran los esperados. Desde un principio se sabía que la funcionalidad que se iba a poder otorgar a la aplicación no era la máxima, ya que el desarrollo de una aplicación con gran funcionalidad conlleva un trabajo de bastantes años de duración. Además, desde un principio la idea ha sido realizar este Trabajo de Fin de Grado, con la intención de ampliarlo en el Trabajo de Fin de Máster, en el cual la aplicación ya sí que sería dotada de la máxima funcionalidad

posible. De todas formas, los resultados siguen siendo buenos obteniendo un 37% de puntuaciones entre el cuatro y el cinco.

La gran mayoría de los participantes considera que la aplicación es muy intuitiva. Esto se ha logrado gracias a la creación de un sistema nativo que cuenta con navegaciones simples para realizar por el usuario. Además, también opinan que nos encontramos ante una interfaz sencilla y fácil de usar. La existencia de un 50% de puntuaciones en el tres se debe a que no todos los participantes tenían conocimientos sobre mecánica por lo que en ocasiones no llegaban a comprender al completo la utilidad de la aplicación.

De manera que se pudiese tener una visión de la experiencia de los participantes en los mundos del desarrollo de aplicaciones y de la mecánica, se han llevado a cabo preguntas sobre su experiencia. De los resultados podemos observar que de los encuestados, un 44% y un 60% considera que tiene un conocimiento superior a tres en el desarrollo de aplicaciones y en el mecanizado, respectivamente. Con esto podemos deducir que los participantes tienen suficiente experiencia en estos ámbitos como para considerar que estos resultados cuentan con una gran validez.

Por otra parte, un 92% de los participantes considera que la aplicación está totalmente libre de errores, por lo que podemos concluir que es una aplicación profesional capaz de satisfacer al usuario sin anomalías.

Una de las preguntas más importantes es la del futuro que se le ve a este proyecto. Ya que se sabía que la funcionalidad dada no iba a ser la máxima posible, era importante ver si se obtenía una gran puntuación en el futuro del proyecto. Los resultados han sido satisfactorios obteniendo un 83% de puntuaciones entre el cuatro y el cinco. Esto potencia la idea de continuar con la aplicación en futuros proyectos.

Finalmente, la opinión global de los encuestados sobre la aplicación nos permite concluir que su desarrollo ha sido una gran idea, con un gran potencial de futuro y que se han cumplido los objetivos principales del proyecto.

CAPÍTULO 7. GESTIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se va a realizar un análisis de la gestión del proyecto. Mientras que en los apartados 1.3. y 1.4. ya se han mostrado datos importantes relacionados con este ámbito, como son las fases del desarrollo y la planificación temporal, en este capítulo se tratará de exponer el presupuesto que conlleva la creación de este Trabajo de Fin de Grado, así como el impacto socioeconómico y el marco regulador que lo envuelve.

7.1. PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto será descompuesto en tres partes: hardware, software y licencias, y personal.

- **Hardware**

En esta parte del presupuesto se va a incluir todo producto material que ha sido empleado en la realización del proyecto, desde los ordenadores y los dispositivos móviles usados, hasta el monitor utilizado con los ordenadores y cables empleados para probar la aplicación. En la *Tabla 5* se muestra el precio del hardware descompuesto en todos sus elementos.

Hardware	Precio
MacBook Pro (2018) de 256 GB de almacenamiento y 16GB de memoria	1.995,59 €
MacBook Air (2014) de 128 GB de almacenamiento y 4 GB de memoria	1.105,59 €
iPad 6ª Generación de 32 GB de almacenamiento	349 €
iPhone XR de 64 GB de almacenamiento	859 €
iPhone 7 Plus de 32 GB de almacenamiento	659 €
Monitor LG 25UM58 - P	140 €
Cable Mini DisplayPort a HDMI	11,99 €
Coste total del hardware	5.120,15 €

Tabla 5: Coste de todos los elementos de hardware empleados

- **Software y licencias**

En esta parte del presupuesto se van a incluir todas aquellas herramientas de software empleadas en el desarrollo y en la redacción de la memoria. En ocasiones, para el uso de dichas herramientas es necesaria la compra de una licencia. Se ha llevado a cabo la compra de licencias con duración de un año. En el caso de MS Office, la licencia ha sido gratuita gracias al convenio entre la Universidad Carlos III de Madrid y Microsoft [56]. En la *Tabla 6* se encuentra el conjunto de herramientas de software empleadas cada una con su precio correspondiente.

Software y licencias	Precio
Licencia de un año de Sketch	88,09 €
Licencia de un año del programa de Apple Developer	88,09 €
Licencia de un año de los cursos de DesignCode	96 €
Licencia de MS Office por medio de la universidad	0 €
Librería Lottie para animaciones	0 €
Firebase	0 €
Design Camera	0 €
Tom's Planner	0 €
Coste total del software y las licencias	272,42 €

Tabla 6: Coste de todas las herramientas de software empleadas

- **Personal**

Para el cálculo del coste correspondiente al personal, se ha hecho uso de la media de salarios para empleos de desarrollador iOS en España, que se puede encontrar en Indeed [57]. En dicha página web se expone una estimación del sueldo medio a partir de diferentes fuentes en las que los desarrolladores han informado sobre su sueldo. El sueldo establecido es de 32.202 € brutos al año. Teniendo en cuenta que cada año tiene cincuenta y dos semanas y un día, y que se trabajan de media cuarenta horas a la semana, el sueldo de un desarrollador iOS es de 15,45 € brutos a la hora. De esta manera se puede calcular el sueldo total del personal, en este caso yo. En la *Tabla 7* se muestra el coste del personal para la realización de este proyecto. En ella se tiene en cuenta que, tal y como se ha mostrado en la *Figura 2* se han trabajado durante doscientos veintisiete días, y cada día, se ha estimado que se ha trabajado un total de tres horas.

Personal	Precio la hora	Horas trabajadas	Precio total
Desarrollador iOS	15,45 €	681	10.521,45 €

Tabla 7: Coste total del personal empleado

- **Coste total**

En la *Tabla 8* se muestra el desglose de cada uno de los costes.

Costes	Precio
Coste total del hardware	5.120,15 €
Coste total del software y licencias	272,42 €
Coste total del personal	10.521 €
Coste total del proyecto	15.914,02 €

Tabla 8: Coste total del proyecto

El coste total de la realización de este Trabajo de Fin de Grado asciende a los quince mil novecientos catorce euros con dos céntimos.

7.2. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

Nos encontramos ante una etapa de la historia caracterizada por los avances en la tecnología, por la creación de nuevos sistemas electrónicos inventados con la intención de darnos facilidades en el día a día.

Uno de los dispositivos que más ha avanzado son los teléfonos. En cuestión de aproximadamente quince años, hemos pasado de llamarlos teléfonos, a llamarlos teléfonos inteligentes. Sin embargo, ¿cuál es el motivo para cambiar la forma en la que los denominamos?

Hace unos quince años los teléfonos eran una herramienta de comunicación. Se utilizaban simplemente para hacer llamadas y enviar mensajes principalmente. Sin embargo, en este tiempo, los teléfonos han pasado a realizar tareas complejas como son la asistencia de navegación mediante mapas o la toma de fotografías de una calidad tan alta que se pueden llegar a comparar con cámaras profesionales.

La sociedad ha convertido estos teléfonos inteligentes en una parte de ellos mismos, hasta el punto de que la mayoría de las personas considera que no podría salir a la calle sin su teléfono. Según El Mundo, un 45% de los jóvenes actuales ya se consideran adictos al teléfono [58]. Se emplea principalmente como una herramienta de comunicación, tanto personal como profesional; como una herramienta para organizar el día a día, mediante el uso de aplicaciones con calendarios y seguimiento de tareas; como una forma de entretenimiento, con los videojuegos y las redes sociales; y como una herramienta de trabajo, mediante el uso de herramientas corporativas y aplicaciones que faciliten las tareas laborales. A su vez, también se usa para informarse, para aprender, para hacer seguimiento de las finanzas de cada uno y para realizar compras, entre otros.

Debido a este uso masivo que se le da al teléfono, cada vez son más las aplicaciones que existen en el mercado de los teléfonos. Las empresas han encontrado en ellas una forma sencilla de comunicarse con la gente y de obtener un gran beneficio.

La aplicación que se ha desarrollado en este Trabajo de Fin de Grado tiene la intención de convertirse en una herramienta de trabajo para el mundo industrial. Gracias a la escasez de aplicaciones relacionadas con este mundo, se le puede considerar con la capacidad suficiente de poder ayudar a los empleados y de crearles la necesidad de usar esta aplicación gracias a las facilidades que ofrece.

7.3. MARCO REGULADOR

El desarrollo de aplicaciones es un negocio que puede traer grandes beneficios partiendo incluso de bajos presupuestos. Sin embargo, si se quiere hacer de la manera adecuada y tener éxito, es imprescindible tener en cuenta el marco regulador que envuelve a las aplicaciones. A continuación, se van a analizar el conjunto de aspectos legales principales que se deben cumplimentar:

- **Información**

Se debe proporcionar información suficiente como para que el usuario sepa sobre los datos a los que la aplicación va a tener acceso y el tipo de información que va a tener que dar. A su vez, se tiene que indicar la finalidad de recopilar dichos datos, y el usuario tiene que poder decidir si quiere dar dichos datos a la aplicación o no [59].

- **Política de privacidad**

Los desarrolladores serán responsables de proporcionar una política de privacidad que advierta quiénes son, los datos de carácter personal que recogen, el motivo de la recogida de dichos datos, y la finalidad, y en caso de que vayan a ser cedidos a terceros, se deben indicar los derechos de los usuarios y a quién van a ser cedidos [60].

- **Menores**

En cuanto a las aplicaciones dirigidas a los más pequeños, se debe atender al cumplimiento de las leyes impuestas en el ámbito nacional, se debe usar la menor cantidad de datos, y, aquellos datos que sean imprescindibles no deben ser usados con fines comerciales. A su vez, tampoco se puede conseguir información sobre sus familiares a través de los niños [60].

- **Consentimiento**

Se debe pedir consentimiento al usuario para el uso de datos personales a los que la aplicación quiere acceder, especialmente para la localización, los contactos, la huella dactilar o el reconocimiento facial, las redes sociales y el correo electrónico, entre otros [60].

La aplicación desarrollada en este Trabajo de Fin de Grado no cumple en su totalidad con todos los aspectos legales. Sin embargo, no tiene fines económicos ni está destinada a ser publicada en la App Store [61]. En el caso de que en un futuro fuese a

ser publicada, se le realizarían las modificaciones suficientes para el cumplimiento del marco legal.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este capítulo de la memoria, se va a realizar un análisis final del conjunto del proyecto y se van a exponer los aspectos a modificar y a añadir para la mejora de la aplicación en un futuro.

8.1. CONCLUSIONES

Este Trabajo de Fin de Grado se ha basado en el desarrollo de una aplicación para dispositivos iOS que ayudará a los trabajadores del mundo industrial, en concreto, aquellos encargados de la fabricación de piezas mediante herramientas de torno con plaquita intercambiable.

La realización de esta aplicación en el sistema operativo iOS se ha debido principalmente a que, en este sistema, el número de aplicaciones relacionadas con este ámbito es muy escaso, por lo que se ha identificado un hueco en el mercado que se ha intentado cubrir. Se caracteriza por ser un sistema operativo caro, pero con una alta seguridad y un gran minimalismo en su interfaz.

Por su parte, para poder realizar este proyecto ha sido necesaria la investigación sobre la fabricación industrial. Esto se ha visto facilitado gracias a la asignatura de Fabricación Asistida por Ordenador cursada en esta universidad, y a todo el estudio realizado con relación a este tema, en especial, con las herramientas de torno: tipos de herramientas de torneado, geometría del filo y normas ISO.

La aplicación desarrollada cumple con los objetivos y la funcionalidad propuesta en un principio: contiene un sistema de autenticación para el usuario, de manera que se facilita que cada trabajador tenga las herramientas de torno que usa en su día a día. Dichas herramientas pueden ser incluidas dentro de la aplicación tanto de manera manual, es decir, añadiendo directamente el código ISO, como por pasos, seleccionando cada una de las características de la herramienta. A su vez, mediante el uso de la realidad aumentada, ayuda en la selección de la herramienta a utilizar.

Con la evaluación de la aplicación, se ha podido ver la opinión directa de los usuarios. Esta opinión era la esperada, pudiendo recalcar que es una aplicación con un gran diseño y que tiene un gran potencial de futuro. Con ciertas mejoras, que se detallan en el apartado 8.2. de la memoria, puede llegar a ser una gran competidora del mercado.

8.2. TRABAJO FUTURO

En este apartado, se va a tratar de comentar las mejoras y los nuevos conceptos que se deberían realizar para la mejora de la aplicación. La finalidad de esta mejora sería la de realizar una aplicación que pueda competir en el mercado. Tal y como se ha comentado en alguna ocasión a lo largo de la memoria, estas mejoras serán el objetivo para el Trabajo de Fin de Máster. El trabajo para realizar en el futuro es el siguiente:

- **Asistente de selección de herramientas**

Una de las cosas que podrían proporcionar de una mayor utilidad a la aplicación es la incorporación de un asistente de selección de herramientas. Esto se haría mediante la creación de una base de datos que, preguntando todos los detalles del corte que quiere hacer el usuario, es capaz de proporcionar la herramienta más adecuada para el corte. De esta manera, en función de los parámetros proporcionados, la aplicación sería capaz de recomendar al usuario la herramienta ideal para dicho corte.

- **Inventario**

Como utilidad para el trabajador, sería de gran utilidad añadir a la aplicación una herramienta para llevar control la cantidad de herramientas de un tipo que quedan disponibles en el taller. De esta manera, se podría ver con un simple vistazo si es necesario realizar una compra de alguna de ellas.

- **Comunicación con el encargado de compras dentro de la empresa**

Esta mejora está directamente relacionada con los dos puntos anteriores. En todas las empresas de tamaño considerable, existe un trabajador encargado de llevar a cabo la compra de los suministros necesarios para la realización del trabajo. De esta manera, la intención de esta funcionalidad es la de comunicar a este encargado que es necesario comprar una herramienta en especial y que cantidad se debe comprar. Esto se podría hacer cuando el trabajador ve que el inventario de una herramienta es bajo, o cuando el asistente de selección le ha recomendado una herramienta que necesita para llevar a cabo su tarea.

- **Herramientas de fresado**

De la misma manera que este proyecto se ha basado principalmente en las herramientas de torno, sería de gran utilidad dar cobertura a las herramientas de fresado, muy utilizadas en el mundo industrial.

- **Ampliación de las herramientas de torno que cubre**

Existen muchos tipos de herramientas de torno con plaquita intercambiable. Por ello, sería de gran utilidad la ampliación de las herramientas de torno que es capaz de reconocer.

- **Documentación del proceso**

Una última funcionalidad que sería de gran utilidad añadir, sería la de poder guardar en la aplicación la documentación de los procesos que debe realizar el trabajador, reconociendo el tipo de plaquita que tiene que utilizar en cada caso y el resto de las consideraciones para tener en cuenta.

GLOSARIO

A

Android: sistema operativo de código abierto.

AR: del inglés realidad aumentada. Tecnología que crea información digital y la sitúa en el entorno del usuario

ARKit: librería de Apple para el desarrollo de la realidad aumentada.

Assets: conjunto de imágenes o iconos usados en una aplicación iOS.

Autenticación: proceso de acceso a una aplicación mediante credenciales.

B

Base de datos: datos guardados en la red para su posterior uso en la aplicación.

C

Clase: conjunto de variables y métodos que definen un objeto en programación.

Conflictos: situación en la que varios desarrolladores modifican una misma parte del código a la vez, provocando que luego tengan que decidir con qué versión quedarse.

Control center: menú principal de ajustes de iOS accesible desde cualquier estado.

F

Flujo: camino que sigue una aplicación en función de las acciones del usuario y las respuestas de los servicios.

G

GitHub: herramienta web utilizada para el control de versiones de aplicaciones.

GitLab: herramienta web corporativa para el control de versiones de aplicaciones.

H

Hardware: conjunto de objetos físicos que componen un aparato electrónico.

HTML: lenguaje de programación utilizado principalmente para la creación de páginas web.

I

Interfaz: sistema capaz de interactuar con el usuario, en el caso de los smartphones, lo que se ve en pantalla.

iOS: sistema operativo de código cerrado creado por la empresa Apple.

J

Java: lenguaje de programación para la creación de productos software.

JSON: lenguaje de programación principal para la escritura de bases de datos.

L

Librería: conjunto de archivos enlazados para la realización de una tarea en concreto dentro de una aplicación.

M

Multitasking: capacidad de un sistema operativo de realizar varias tareas a la vez.

N

Nativo: algo creado para trabajar según un sistema operativo.

O

Objective-C: lenguaje de programación utilizado para el desarrollo de iOS.

R

Registro: proceso por el que se crea una cuenta en la base de datos de una aplicación.

Repositorio: sitio web en el que se almacena el código y archivos de un proyecto.

Rootear: proceso por el cual se modifica un sistema operativo para tener control total sobre este.

S

Servicio: proceso por el cual en una aplicación se recogen datos de la red.

Simulador: dispositivo móvil mostrado en la pantalla del ordenador desde el cual se pueden probar las aplicaciones.

Sistema operativo: software que rige el funcionamiento de un dispositivo.

Smartphone: del inglés teléfono inteligente.

Software: conjunto de programas utilizados por un dispositivo para su funcionamiento.

Swift: lenguaje de programación más actual para el desarrollo de iOS.

T

Test: del inglés probar. Proceso por el cual se prueba el funcionamiento de una aplicación.

V

Vista: pantalla que se muestra en el dispositivo en cada momento.

VR: del inglés realidad virtual. Tecnología que crea un entorno artificial y se lo presenta al usuario.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Tech innovation to improve the world,» Vector ITC, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://vectoritcgroup.com.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com>. [Último acceso: 21 mayo 2019].
- [2] «CoroPlus ToolGuide,» Sandvik Coromant, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/Pages/toolguide.aspx>. [Último acceso: 7 mayo 2019].
- [3] «Sandvik Coromant,» Sandvik Coromant, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx>. [Último acceso: 7 mayo 2019].
- [4] «Proceso de fabricación en aceros de fundición,» Estanda, 20 Marzo 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.estanda.com/es/blog/proceso-de-fabricacion-de-aceros-en-fundicion>. [Último acceso: 2 Mayo 2019].
- [5] «Foundry,» Metalist, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://metalist.co.in/foundry/>. [Último acceso: 24 Mayo 2019].
- [6] «¿Qué es el mecanizado? Origen y características,» Planes, 4 Octubre 2016. [En línea]. Disponible en: <https://ferrosplanes.com/que-es-mecanizado/>. [Último acceso: 3 Mayo 2019].
- [7] L. Álvarez, «Procesos de fabricación por forja,» 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/231351466/Procesos-de-Fabricacion-Por-Forja>. [Último acceso: 3 Mayo 2019].
- [8] «Tipos de forja,» ULHI, 2019. [En línea]. Disponible en: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/TFM/TFM08/es_DFM_TFM08_Contenidos/website_122_tipos_de_forja.html. [Último acceso: 3 Mayo 2019].
- [9] «Forja,» Wikipedia, 9 Abril 2019. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Forja>. [Último acceso: 4 Mayo 2019].
- [10] «Laminación,» Wikipedia, 4 diciembre 2018. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Laminación>. [Último acceso: 4 mayo 2019].

- [11] «Laminado en frío y en caliente: diferencias y ventajas,» Planes, 8 junio 2018. [En línea]. Disponible en: <https://ferrosplanes.com/laminado-en-frio-en-caliente-ventajas/>. [Último acceso: 4 mayo 2019].
- [12] «Introduction,» Efund, 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.efunda.com/processes/metal_processing/extrusion.cfm. [Último acceso: 5 mayo 2019].
- [13] «Proceso de torneado para el mecanizado de piezas de precisión,» Mecanizados SINC, 19 noviembre 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.mecanizadossinc.com/proceso-de-torneado-mecanizado-precision-mecanizados-sinc/>. [Último acceso: 8 mayo 2019].
- [14] «¿Qué es el torneado?,» Grumeber, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.grumeber.com/que-es-el-torneado/>. [Último acceso: 6 mayo 2019].
- [15] «El fresado y las máquinas fresadoras,» QuimiNet, 21 agosto 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/el-fresado-y-las-maquinas-fresadoras-14049.htm>. [Último acceso: 8 mayo 2019].
- [16] «Machining,» Gestión de compras, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.gestiondecompras.com/en/products/machining/machining>. [Último acceso: 9 mayo 2019].
- [17] V. P. Astakhov, «Drilling,» 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/drilling>. [Último acceso: 9 mayo 2019].
- [18] Universidad del País Vasco, «Mecanizado por arranque de viruta,» 2018. [En línea]. Disponible en: http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/725_ca.pdf. [Último acceso: 10 mayo 2019].
- [19] «Velocidad de corte,» octubre 2012. [En línea]. Disponible en: <http://jjc3mecanizadonocturno.blogspot.com/p/velocidad-de-corte.html>. [Último acceso: 11 mayo 2019].
- [20] Universidad Carlos III de Madrid, «Optimización de mecanizado,» Madrid, 2018.
- [21] «MTJNR 2525M 16M1,» Torno&Fresa, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.torno-fresa.com/comprar-sandvik-coromant/mtjnr-2525m-16m1/>. [Último acceso: 13 mayo 2019].

- [22] «Ángulo y superficies de las herramientas,» ULHI, 2019. [En línea]. Disponible en: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM01/es_PPFM_DPMCM01_Contenidos/website_342_ngulos_y_superficies_de_las_herramientas.html. [Último acceso: 12 mayo 2019].
- [23] GTM, «Geometría de la herramienta de corte,» GTM, 2019. [En línea]. Disponible en: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM01/es_PPFM_DPMCM01_Contenidos/website_342_ngulos_y_superficies_de_las_herramientas.html. [Último acceso: 14 mayo 2019].
- [24] Universidad Carlos III de Madrid, «Selección de herramientas de torneado,» Madrid, 2019.
- [25] «Worldwide Smartphone OS Market share,» IDC, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>. [Último acceso: 8 Abril 2019].
- [26] I. Ramírez, «Historia y evolución de Android,» Xataka, 7 enero 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/historia-y-evolucion-de-android-como-un-sistema-operativo-para-camaras-digitales-acabo-conquistando-los-moviles>. [Último acceso: abril 13 2019].
- [27] R. Núñez, «¿Qué significa rootear el móvil?,» Androidizados, 12 noviembre 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.androidizados.com/opinion/2011/11/12/que-significa-rootear-el-movil/>. [Último acceso: 14 abril 2019].
- [28] «Android 9 Pie,» Andrid , 7 marzo 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.android.com/versions/pie-9-0/>. [Último acceso: 17 abril 2019].
- [29] S. Anthony, «Downgrading from iOS 7 to iOS 6,» ExtremeTech, 26 septiembre 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.extremetech.com/computing/167450-downgrading-from-ios-7-to-ios-6-why-apple-wont-let-you>. [Último acceso: 17 abril 2019].
- [30] «The iPhone OS Cocoa Touch Layer,» Techotopia, 2016 octubre 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.techotopia.com/index.php/The_iPhone_OS_Cocoa_Touch_Layer. [Último acceso: 18 abril 2019].
- [31] «One codebase. Any Platform.,» Ionic, 8 mayo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://ionicframework.com>. [Último acceso: 17 mayo 2019].

- [32] «Xcode 10,» Apple, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://developer.apple.com/xcode/>. [Último acceso: 22 abril 2019].
- [33] M. Connors, «What is Xcode and why do I need it?,» Quora, 8 diciembre 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.quora.com/What-is-Xcode-and-why-do-I-need-it>. [Último acceso: 23 abril 2019].
- [34] Apple Inc., «About Swift,» 2019. [En línea]. Disponible en: <https://swift.org/about/>. [Último acceso: 27 abril 2019].
- [35] M. To, «Quick Prototyping in Xcode,» DesignCode, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://designcode.io/swift4-prototyping>. [Último acceso: 25 abril 2019].
- [36] F. Blume, «How do I add preview devices to Interface Builder in Xcode to retrieve the device's code?,» StackExchange, 21 febrero 2017. [En línea]. Disponible en: <https://apple.stackexchange.com/questions/273864/how-do-i-add-preview-devices-to-interface-builder-in-xcode-to-retrieve-the-devic>. [Último acceso: 29 abril 2019].
- [37] D. P. Valdés, «¿Qué son las bases de datos?,» MaestrosDelWeb, 26 octubre 2007. [En línea]. Disponible en: <http://www.maestrosdelweb.com/que-son-las-bases-de-datos/>. [Último acceso: 24 abril 2019].
- [38] Google Developers, «Firebase helps mobile and web app teams succeed,» Google, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://firebase.google.com/?hl=es-419>. [Último acceso: 20 mayo 2019].
- [39] Adobe, «Adobe,» 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.adobe.com/es/>. [Último acceso: 27 abril 2019].
- [40] «Adobe Illustrator,» Adobe, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.adobe.com/es/products/illustrator.html>. [Último acceso: 26 abril 2019].
- [41] «The best products start with Sketch,» Bohemian B.V., 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.sketch.com>. [Último acceso: 3 mayo 2019].
- [42] «Brief History of Augmented Reality,» iGreet, 28 octubre 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.igreet.co/brief-history-of-augmented-reality/>. [Último acceso: abril 27 2019].
- [43] D. Dasey, «Try before you buy,» Ikea, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://highlights.ikea.com/2017/ikea-place/>. [Último acceso: 29 abril 2019].

- [44] WANNABY, «AR Commerce Company,» enero 2019. [En línea]. Disponible en: <https://wanna.by>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [45] K. Marchese, «Wanna kicks lets you virtually try on sneakers before you buy them,» DesignBoom, 31 enero 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.designboom.com/technology/wanna-kicks-augmented-reality-app-try-on-sneakers-01-31-2019/>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [46] Sephora, «Virtual Artist,» 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.sephora.com.au/pages/virtual-artist>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [47] S. Mahoney, «As Ulta Looks Prettier, Sephora Sharpens Tech Edge,» MediaPost, 9 junio 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.mediapost.com/publications/article/302536/as-ulta-looks-prettier-sephora-sharpens-tech-edge.html>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [48] Apple Developer, «ARKit 2,» Apple Inc., 2019. [En línea]. Disponible en: <https://developer.apple.com/arkit/>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [49] C. Begbie, «Augmented Reality and ARKit Tutorial,» Raywenderlich, 25 septiembre 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.raywenderlich.com/378-augmented-reality-and-arkit-tutorial>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [50] Autodesk Inc., «Maya,» Autodesk, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.autodesk.es/products/maya/overview>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [51] «Cinema 4D,» <https://www.maxon.net/es/productos/cinema-4d/cinema-4d/>, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.maxon.net/es/productos/cinema-4d/cinema-4d/>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [52] «Blender 2.80 is almost there!,» Blender, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.blender.org>. [Último acceso: 30 abril 2019].
- [53] «Free design resources and software,» Icons8 LLC., 2019. [En línea]. Disponible en: <https://icons8.com>. [Último acceso: 29 mayo 2019].
- [54] «UC3M,» 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.uc3m.es/inicio>. [Último acceso: 29 mayo 2019].
- [55] «Firebase Authentication,» Google Developers, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/auth?hl=es-419>. [Último acceso: 21 mayo 2019].

- [56] «Microsoft,» Microsoft, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.microsoft.com/es-es>. [Último acceso: 17 mayo 2019].
- [57] «Salarios para empleos de iOS developer en España,» indeed, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.indeed.es/salaries/iOS-developer-Salaries>. [Último acceso: 22 mayo 2019].
- [58] «Los adictos al móvil no paran de crecer pese al aumento en el precio de las tarifas,» El Mundo, 14 julio 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/economia/ahorro-y-consumo/2018/07/14/5b48adfa268e3e43778b45a8.html>. [Último acceso: 20 mayo 2019].
- [59] «El régimen legal de las APPs,» Confilegal, 20 abril 2015. [En línea]. Disponible en: <https://confilegal.com/20150420-el-regimen-legal-de-las-apps/>. [Último acceso: 22 mayo 2019].
- [60] «Guía de Protección de Datos para desarrolladores de aplicaciones móviles,» Ayuda ley protección de datos, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://ayudaleyprotecciondatos.es/2016/06/06/normativa-lopd-aplicaciones-moviles/>. [Último acceso: 22 mayo 2019].
- [61] «App Store,» Apple Inc., 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.apple.com/es/ios/app-store/>. [Último acceso: 20 mayo 2019].